

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

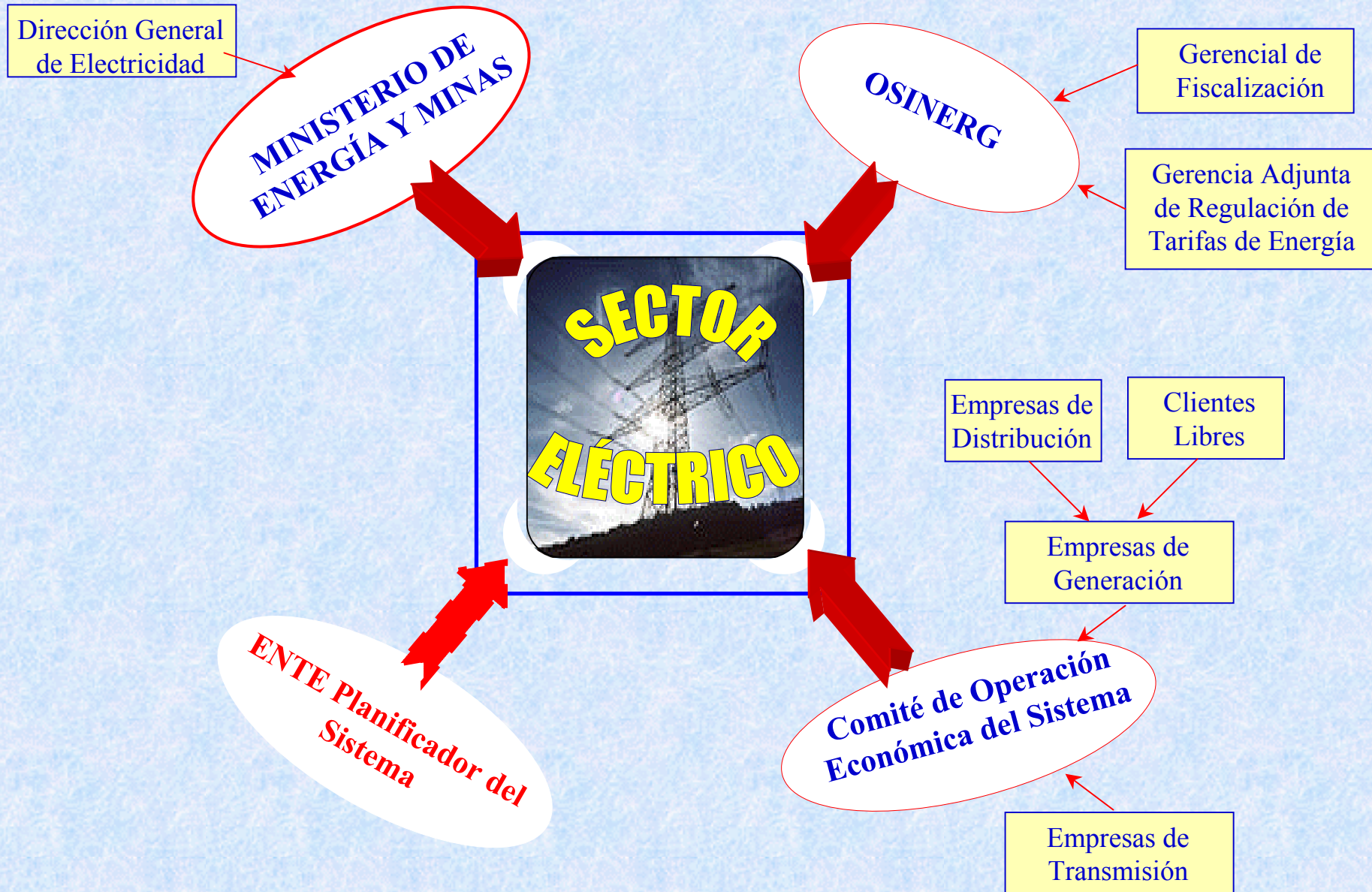
I SIMPOSIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

METODOLOGÍA Y EXPERIENCIAS EN ANÁLISIS DE FALLAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Ing. Francisco Torres García

OCTUBRE DE 2009

ORGANISMOS DEL SECTOR ELÉCTRICO

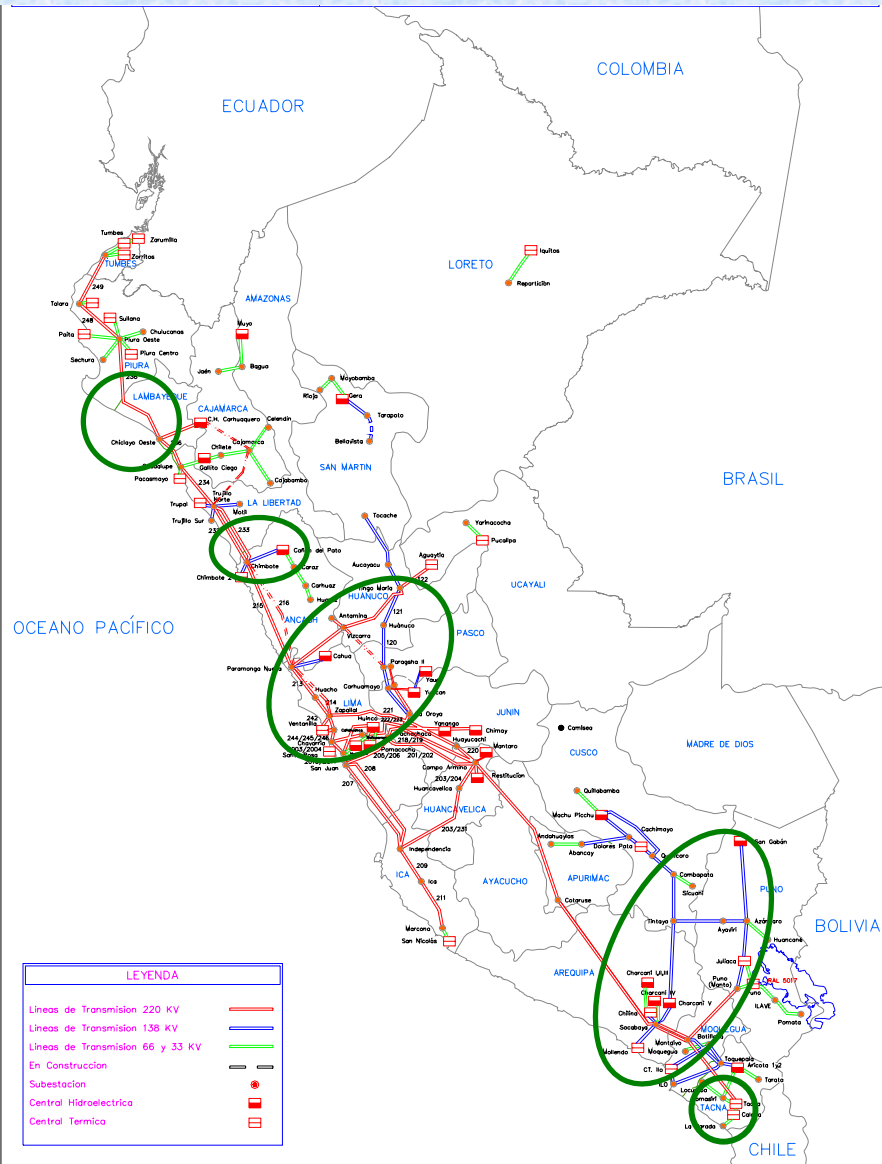


ORGANIZACIÓN DEL COES

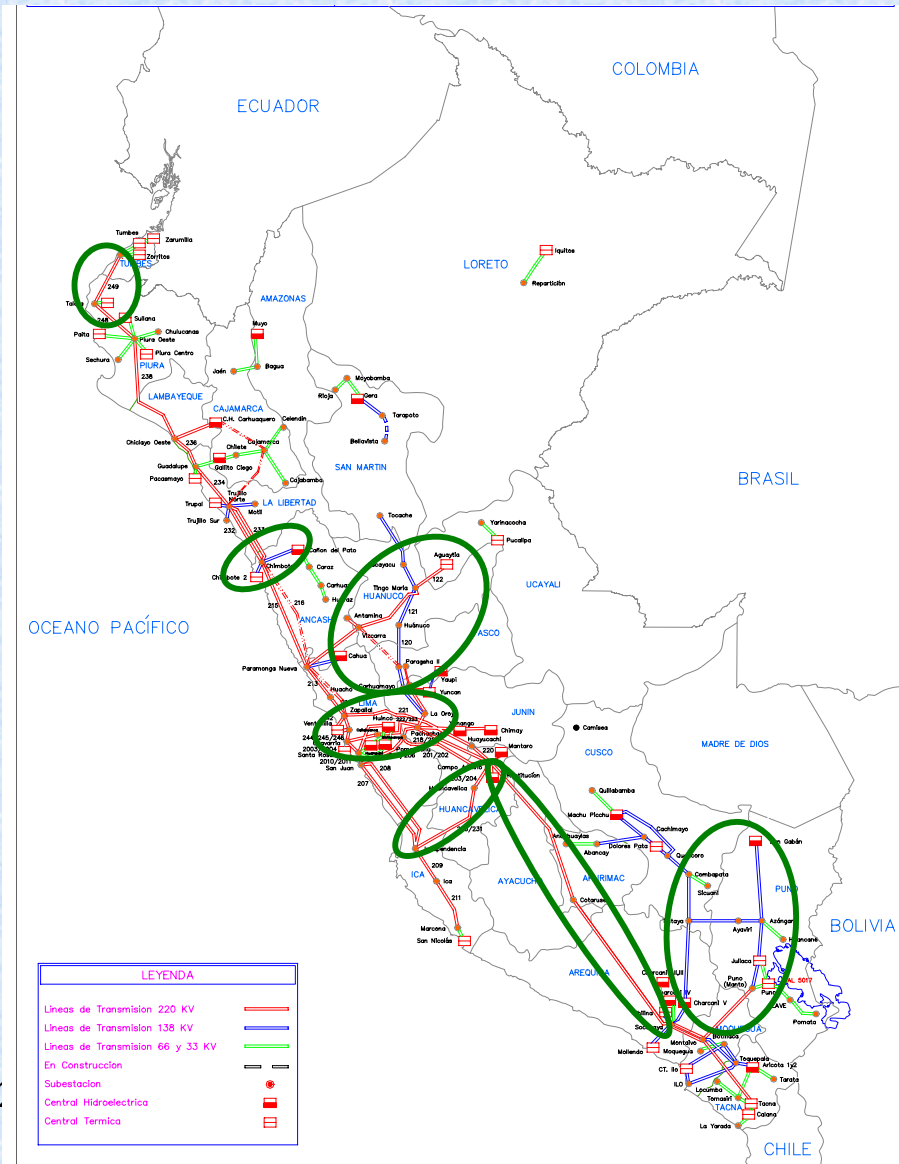


PROBLEMAS EN SIST. ELÉCTRICO INTERCONECTADO

DINÁMICOS



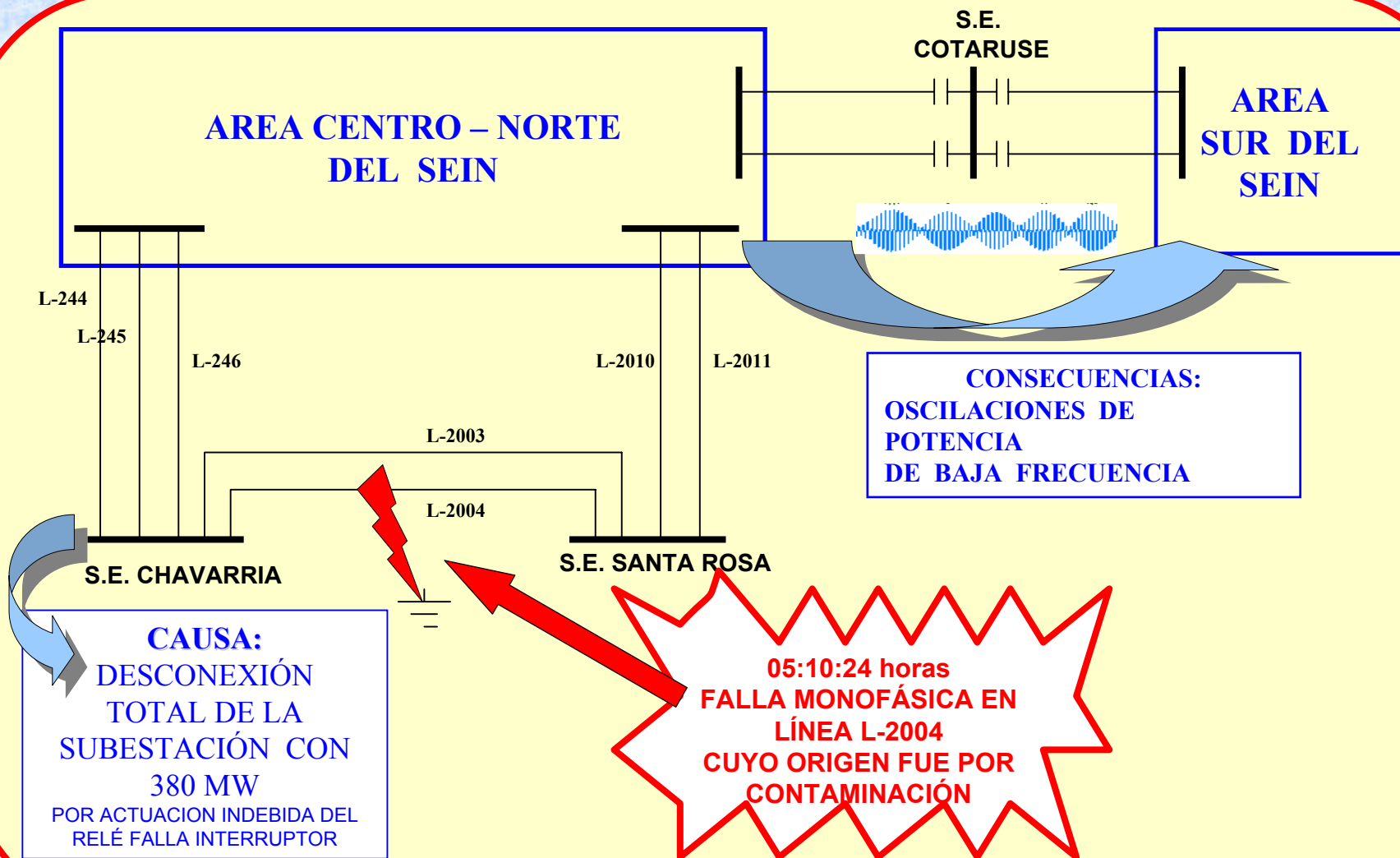
TRANSITÓRIOS





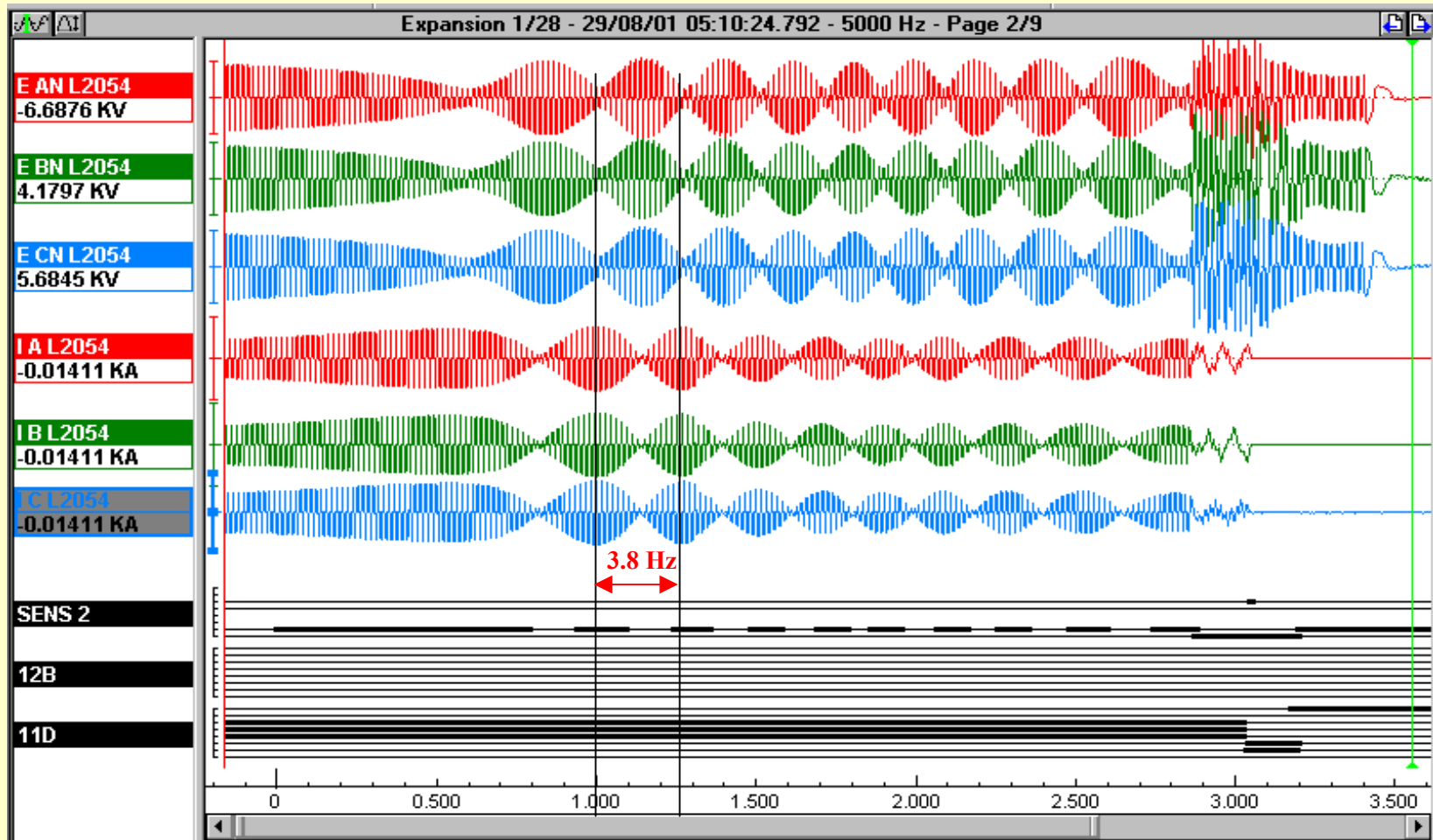
FENÓMENOS DINÁMICOS EN SISTEMAS DE POTENCIA

FALLA DEL 29 AGOSTO DEL 2001



CASO DE OSCILACIONES DE POTENCIA

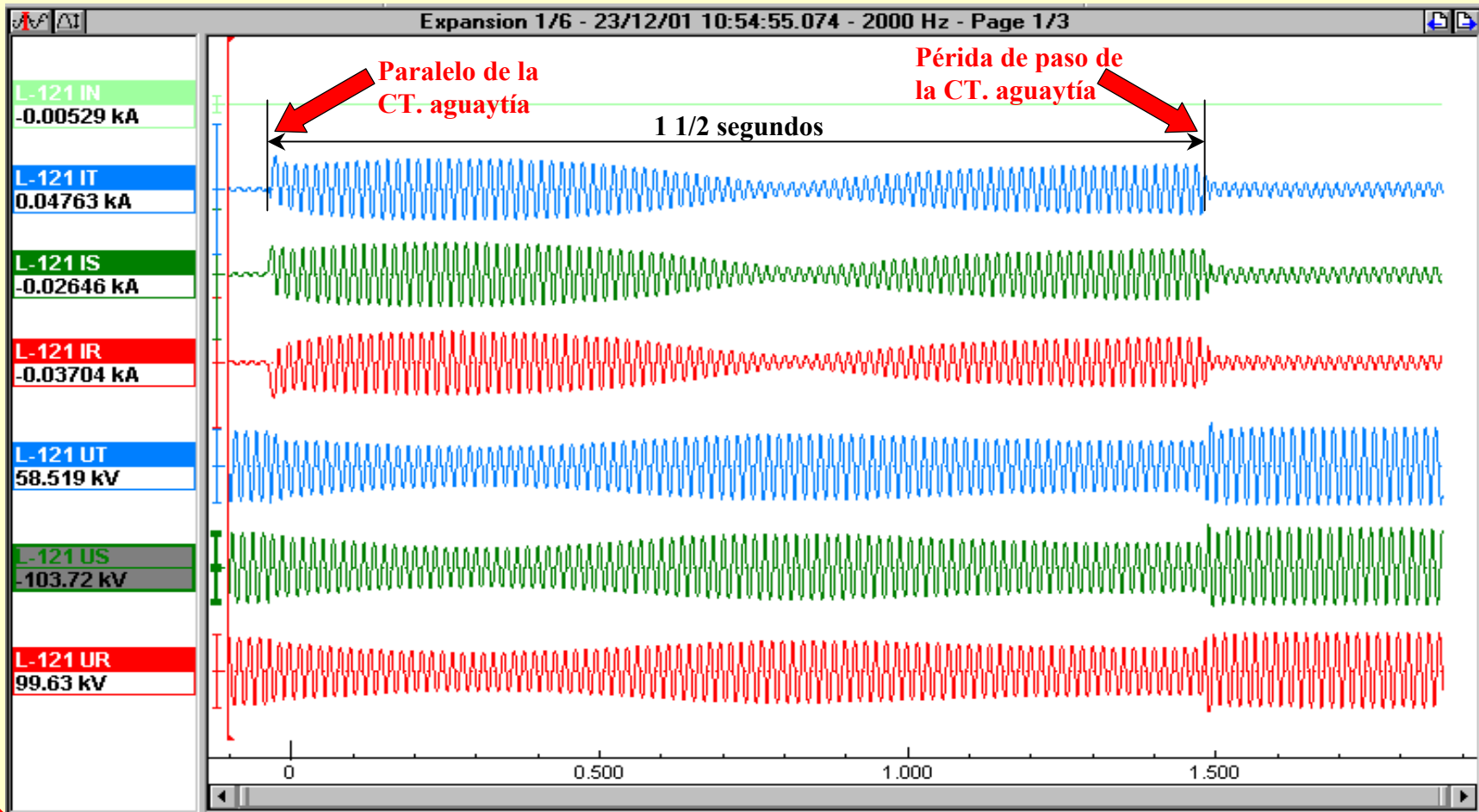
Observado a través de la Línea de Interconexión Mantaro- Socabaya
falla en L-2004 y Desconexión de la S.E. Chavarría





CASO DE PÉRDIDA DE SINCRONISMO

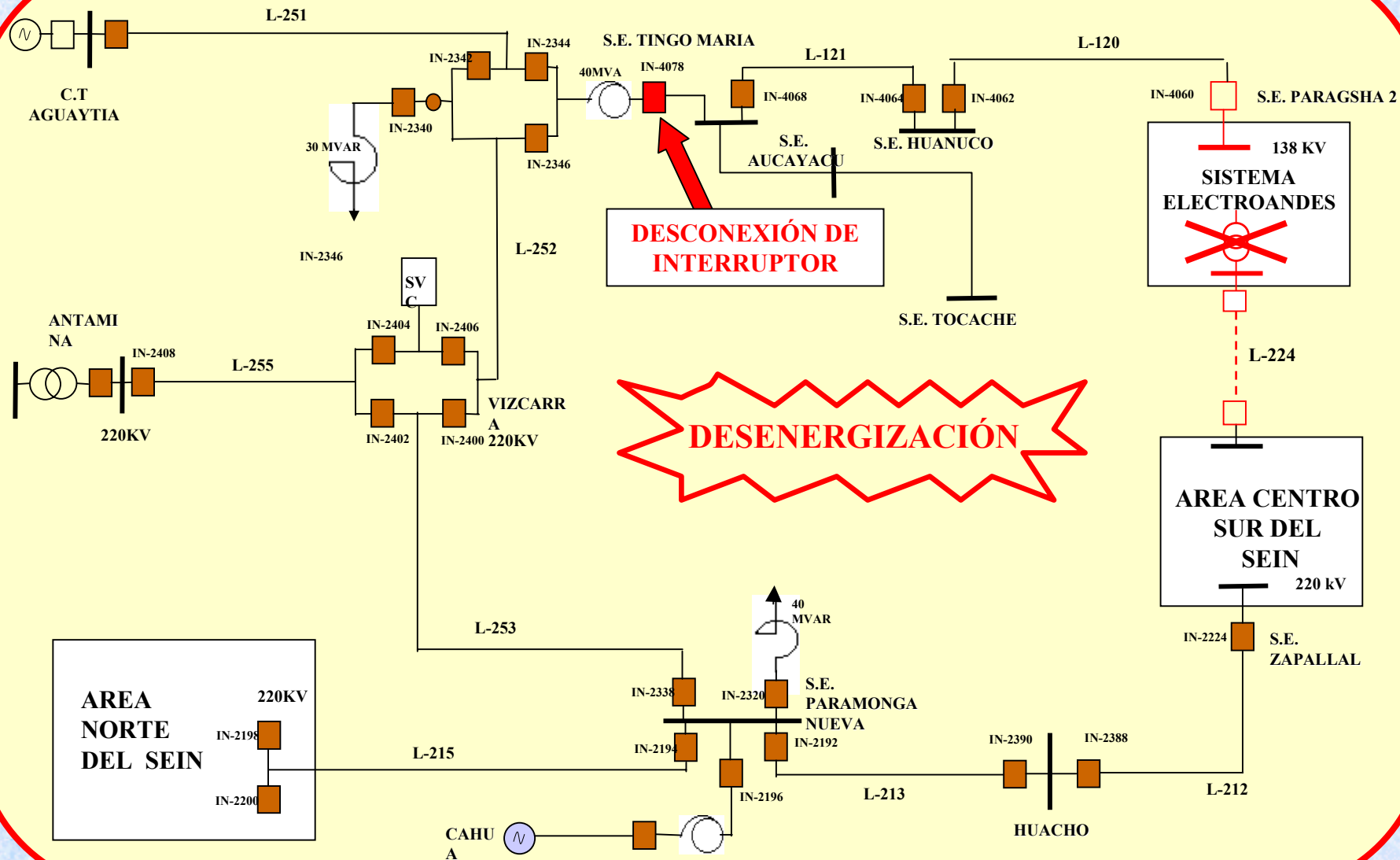
Sincronización inadecuada del área de la C.T. Aguaytía con el SEIN a través del interruptor de 138 kV en la S.E. Tingo María.





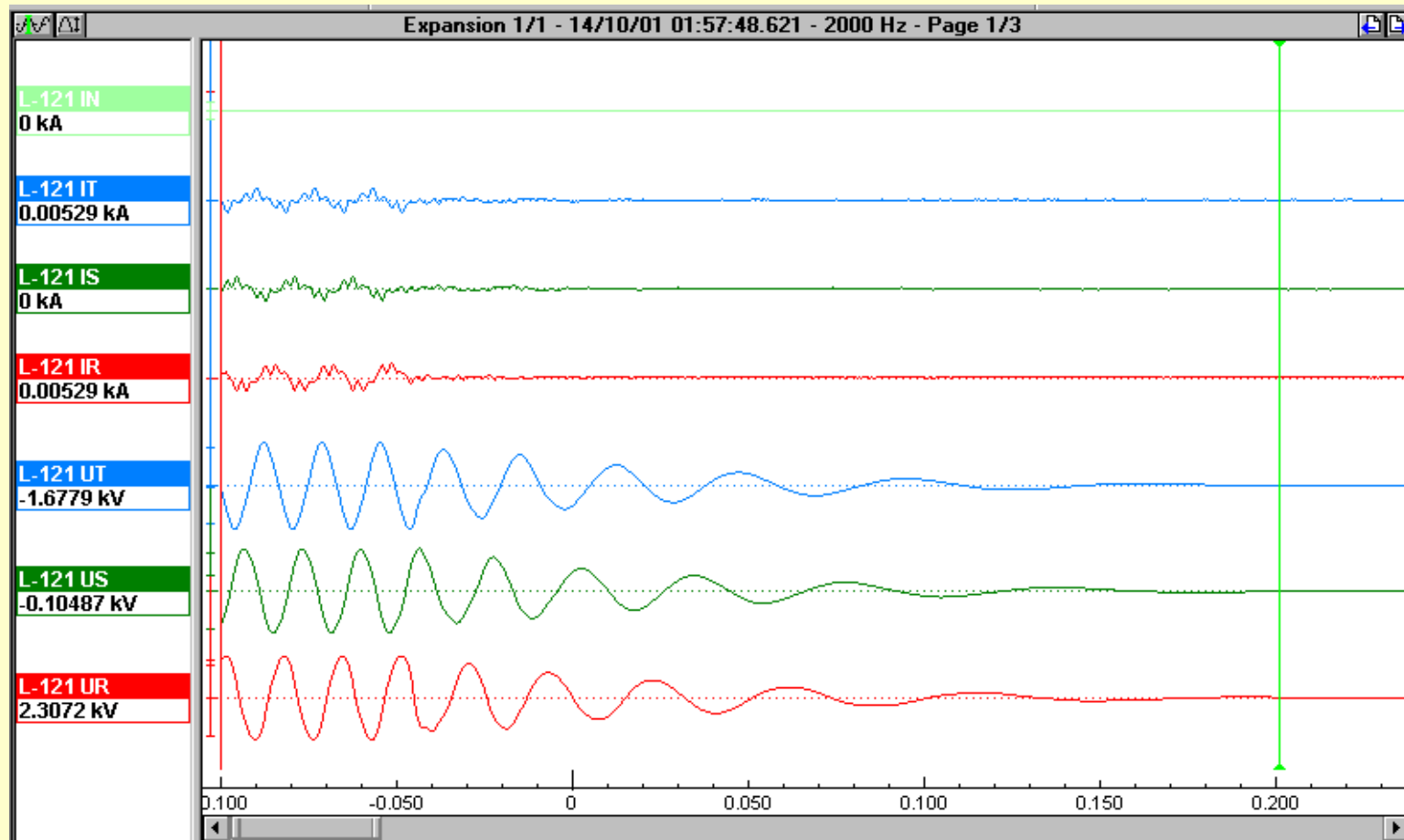
FENÓMENOS TRANSITÓRIOS EN SISTEMAS DE POTENCIA

FALLA DEL 14 OCTUBRE DEL 2001



DESENERGIZACIÓN DE LÍNEAS

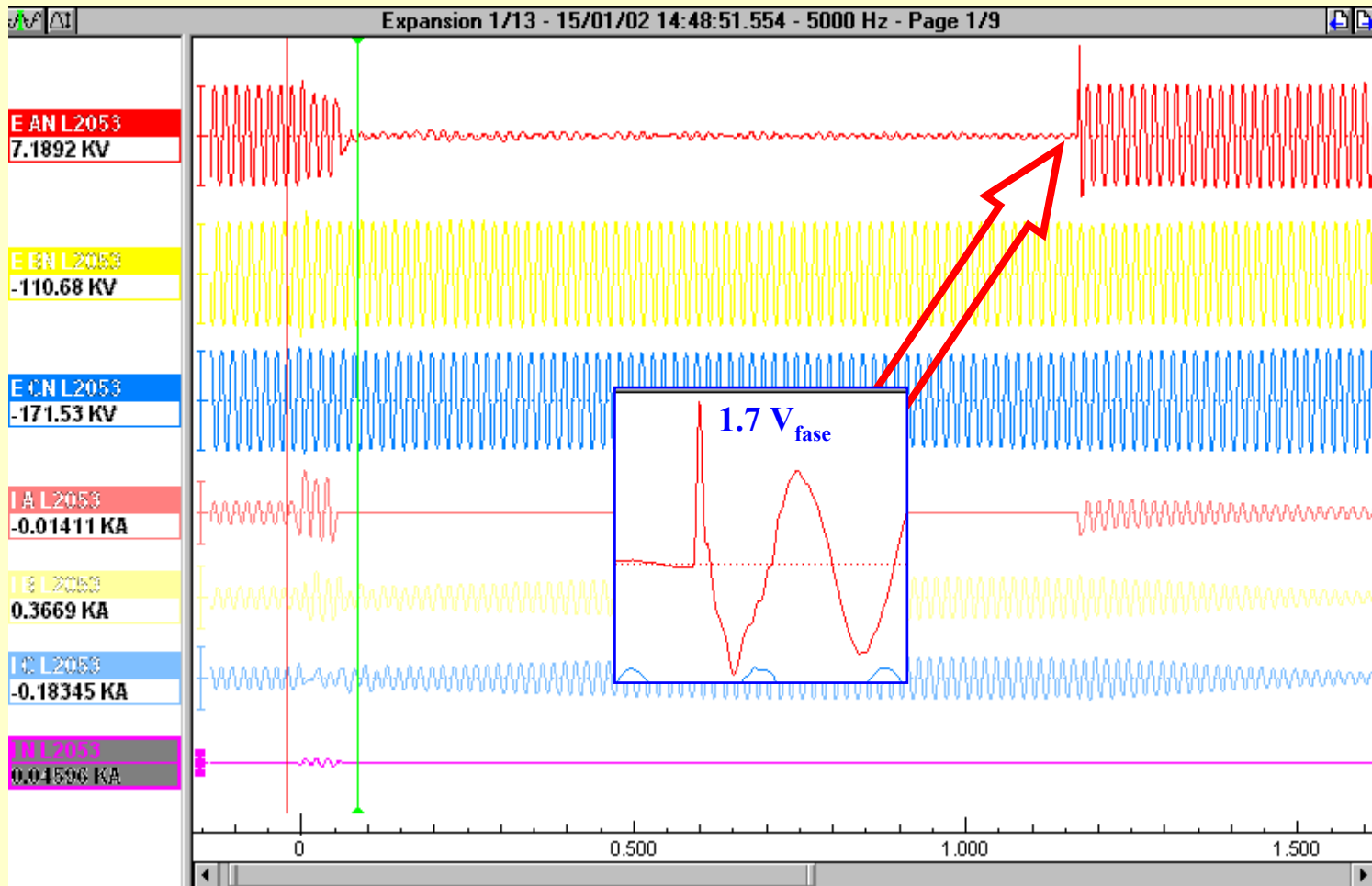
Desconectó el autotransformador de la S.E.Tingo María en el lado de 138 kV por la protección de sobretensión, luego de la falla del Transformador de Potencia en la S.E.Oroya Nueva. Esto ocasionó la desenergización de la línea L-121, interrumpiéndose el suministro las ciudades de Tingo María y Huánuco.

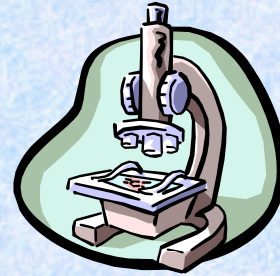


SOBRETENSIONES DE MANIOBRA

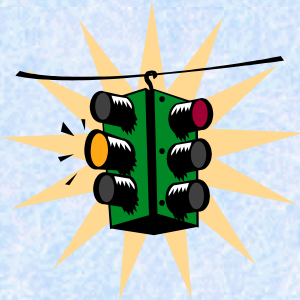
EVENTO DEL 15 DE ENERO DEL 2002

Falla monofásica en la fase “R” de la línea L-2053 (Cotaruse-Socabaya), con recierre exitoso luego de 1100 ms.





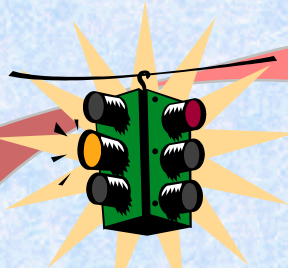
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE FALLAS



OBJETIVOS



**DAR MEDIDAS PREVENTIVAS
Y CORRECTIVAS**



**MEJORAR LA
OPERACIÓN
DEL SISTEMA
DE POTENCIA**



DAR ESTADÍSTICAS Y CRITERIOS



**PLANEAMIENTO
DEL SISTEMA
ELÉCTRICO**



**INVESTIGAR
EL ORIGEN**



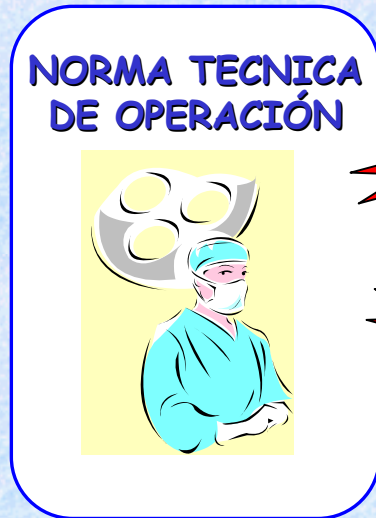
E

**IDENTIFICAR AL
RESPONSABLE**

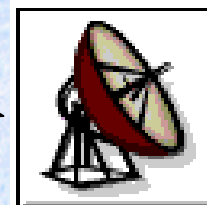


**CUMPLIMIENTO
DE LA NTCSE Y
PROCEDIMIENTOS
COES/MEM**





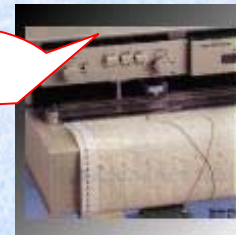
- EMPRESAS GENERADORAS
- EMPRESAS TRANSMISORAS
- EMPRESAS DISTRIBUIDORAS
- CLIENTES LIBRES



ESTACIONES REMOTAS

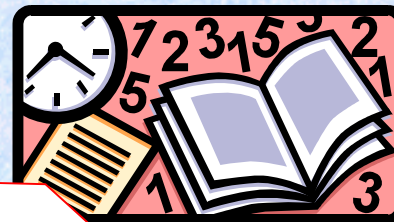
- DATOS EN TIEMPO REAL
- INFORMES Y REPORTES

BASE LEGAL



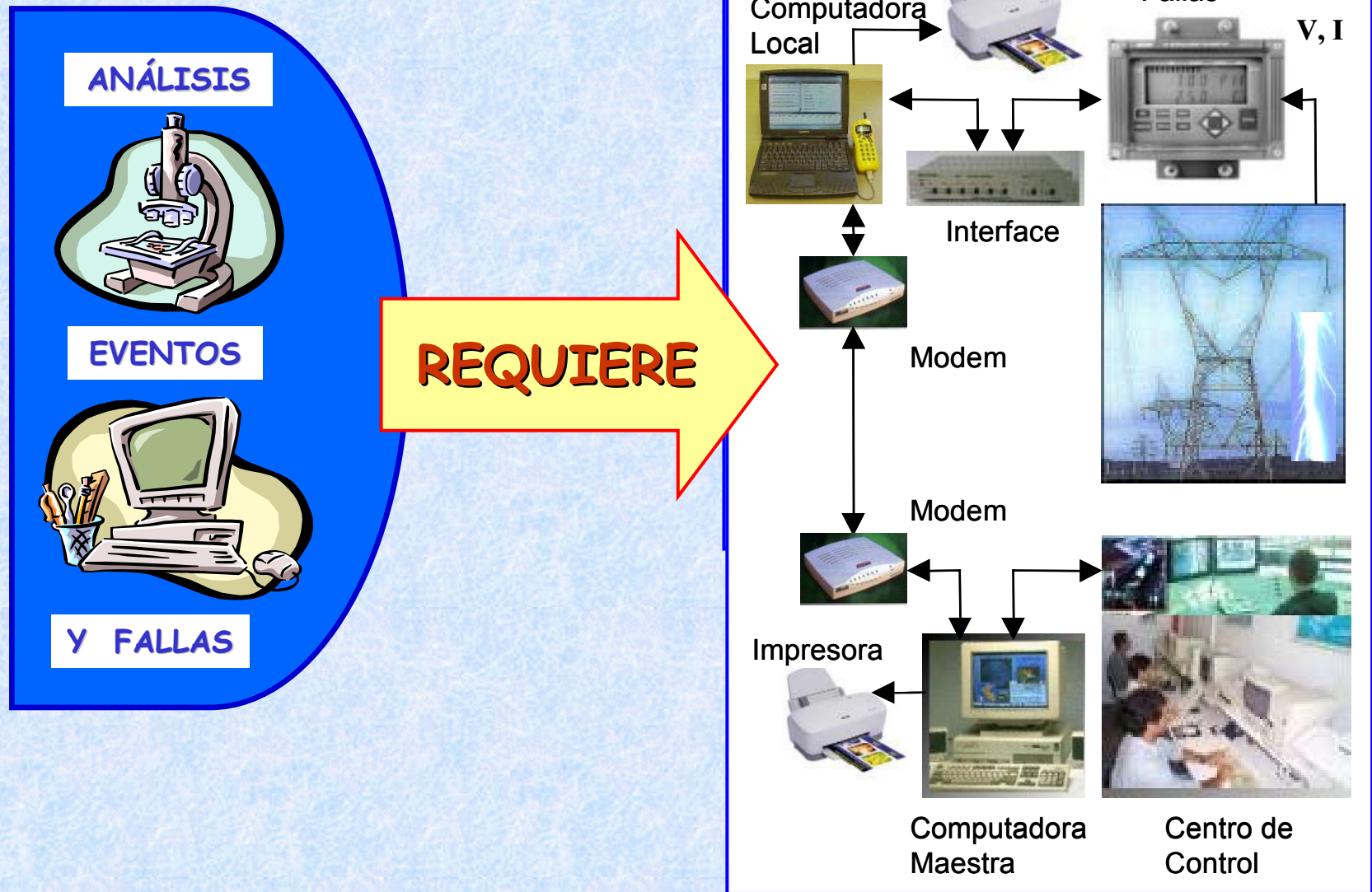
EQUIPAMIENTO

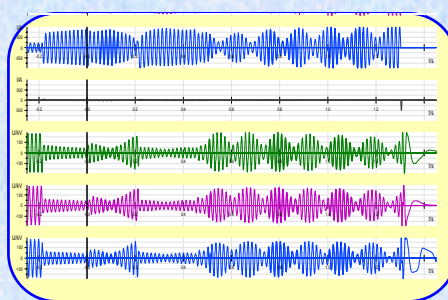
ADQUIRIR EQUIPOS NECESARIOS Y ADECUADOS PARA REGISTRAR ÍNDICES DE CALIDAD



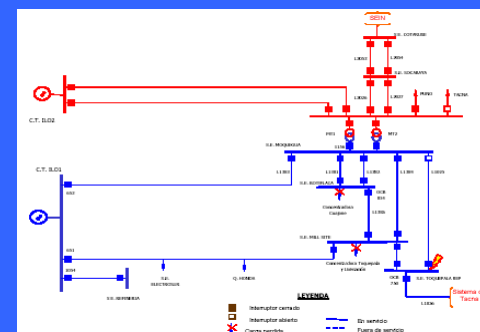
PROTOCOLOS

IMPLEMENTAR PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOPIACIÓN DE DATOS DEL SISTEMA.





REGISTROS OSCILOGRÁFICOS



RECONSTRUYE EL EVENTO

[illegible]

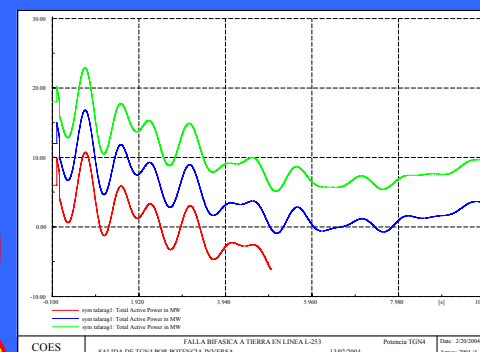
REGISTROS CRONOLÓGICOS DE EVENTOS



SEÑALIZACIONES Y REPORTES DE RELÉS




ANALISTA DE FALLAS



REALIZA SIMULACIONES



ESTUDIA LOS RESULTADOS



SE DETERMINA EL ORIGEN
SE DA CONCLUSIONES
Y RECOMENDACIONES

HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL ANALISTA



Software para análisis estático:

- Flujo de carga
- Corto Circuito
- Sensibilidad a la Estabilidad de Tensión

Software para los análisis dinámicos:

- Estabilidad Transitoria
- Estabilidad Permanente
- Estabilidad de Larga Duración

Software para análisis transitorios electromagnéticos:

- Análisis de Sobretensiones
- Análisis de Resonancias y Ferorresonancias
- Análisis transitorios en trafos y máquinas.

Software para análisis de oscilografías:

- Análisis de ondas de tensión y corriente
- Análisis de impedancia vistas por las protecciones.
- Análisis de la Operación de los relés de protección

- **Digsilent**

- **PTI**

- **SIME**

- **Otros**

- **ATP**

- **Matlab**

- **PSCAD**

- **Siemens**

- **ABB**

- **BEN**

**ANALISTA
DE FALLAS**



HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL ANALISTA



ANALISTA DE FALLAS



Software para análisis

- Flujo de carga
- Corto Circuito
- Sensibilidad a la Tensión

- 
- Software para análisis**
- Flujo de carga
 - Corto Circuito
 - Sensibilidad a la Tensión

Software

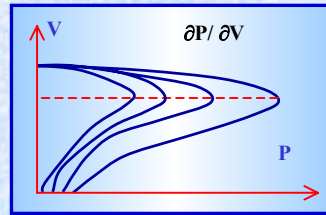
- Es...
- Es...
- Est...

-
- Software**
- Es...
 - Es...
 - Est...

- **Digsilent**
- **PTI**
- **SIME**
- **Otros**

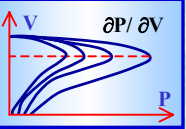
- ATP
- Matlab
- PSCAD

- Siemens
- ABB
- BEN



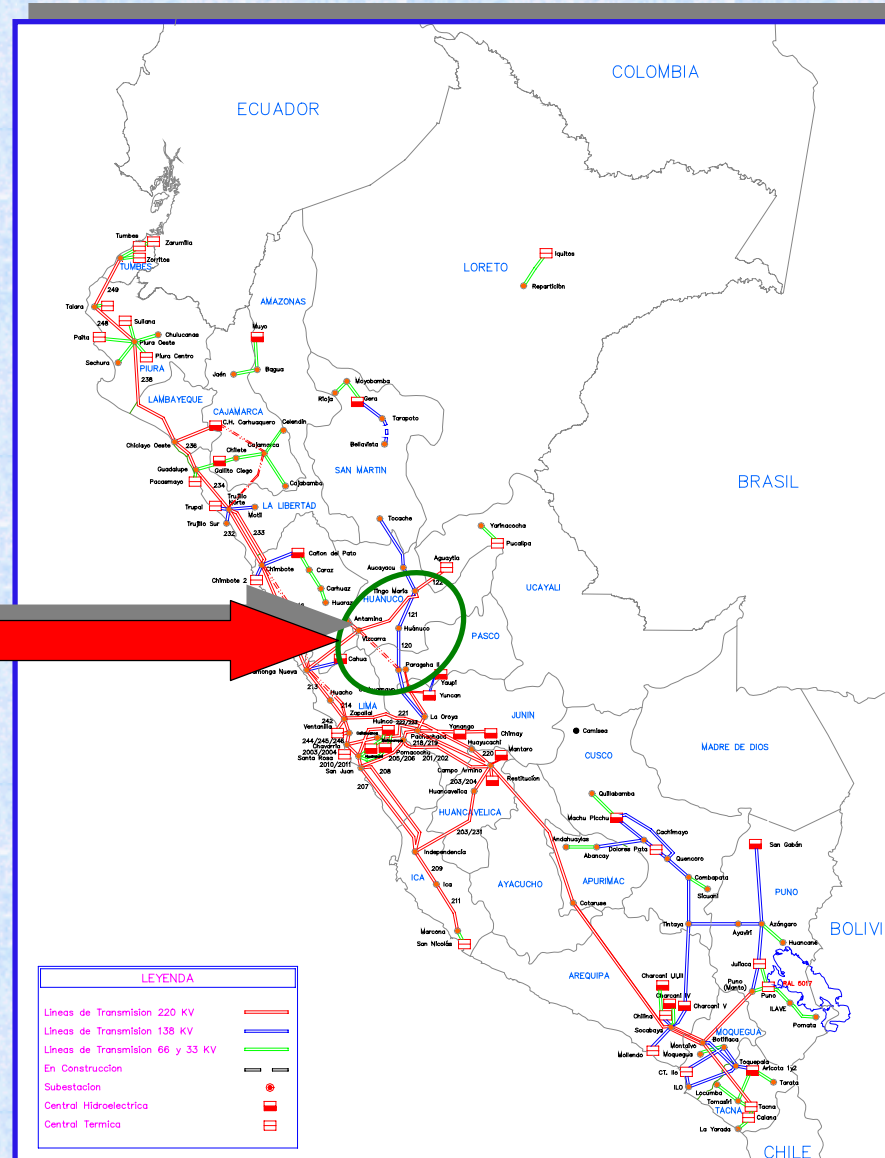
COLAPSO DE TENSION EN EL ÁREA CENTRO DEL SEIN

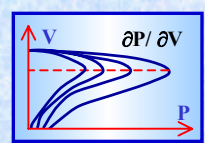
EVENTO DEL 14 DE OCTUBRE DEL 2001



UBICACIÓN DEL EVENTO

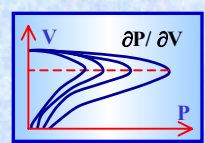
**ZONA DE
ELECTROANDES
EN EL CENTRO
DEL SEIN**





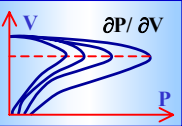
DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

EVENTO	: FALLA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 100 MVA y 220/50 kV
UBICACIÓN	: S.E. OROYA NUEVA
DÍA	: 14 de Octubre del 2001
HORA	: 01:57:45 h
EFFECTOS	: COLAPSO DE TENSIÓN EN LA BARRA DE 138 kV DE S.E. PARAGSHA2.
CONSECUENCIA	: * Desconexión de la línea L-120 (Paragsha 2 - Huánuco) en la S.E. PARAGSHA2. * El área ELECTROANDES quedó aislado del SEIN y se produjeron interrupciones de suministros.

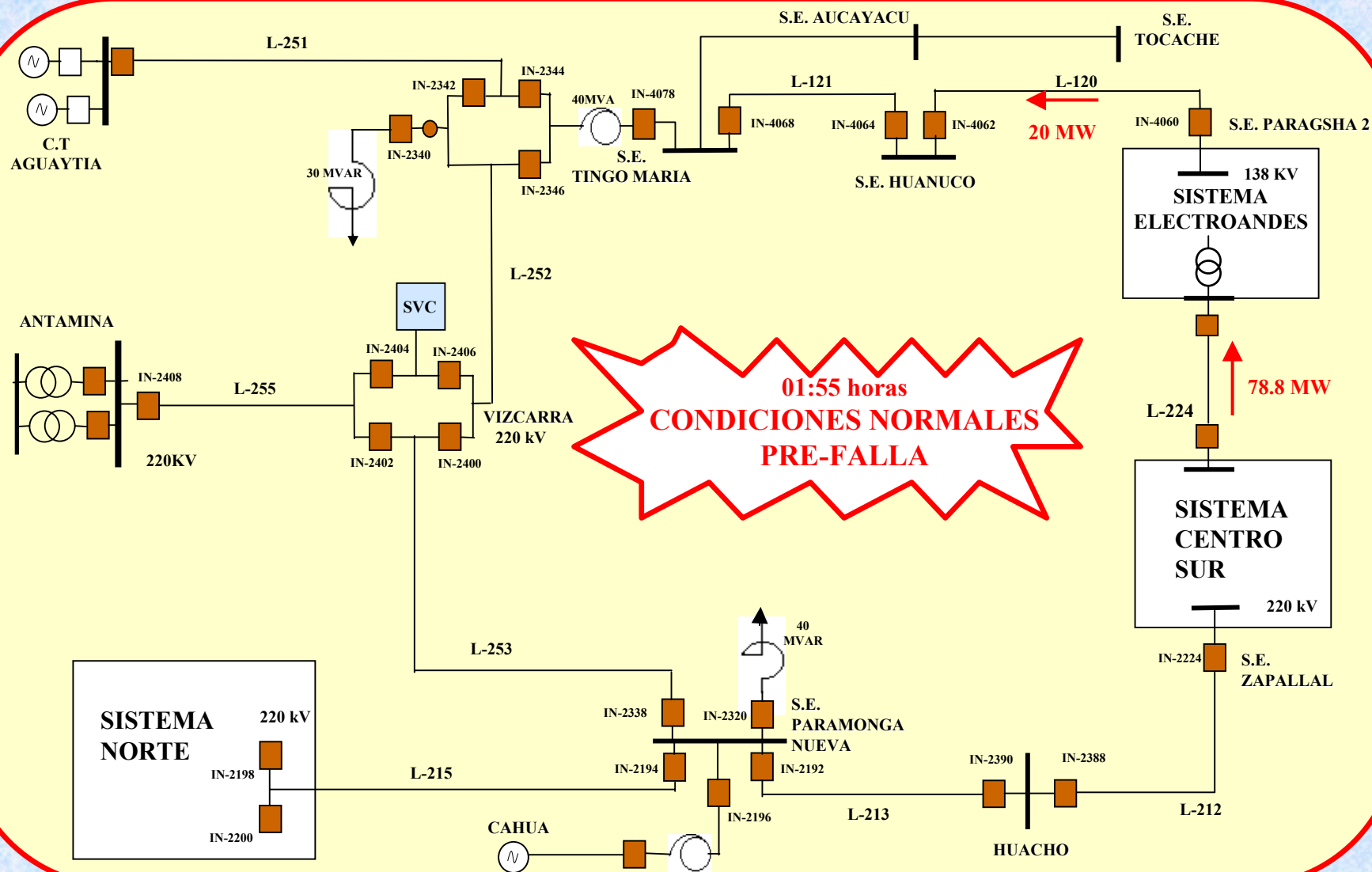


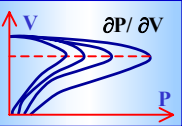
ANÁLISIS DEL EVENTO

- 1.-LA FALLA SE ORIGINÓ POR UN CORTOCIRCUITO ENTRE ESPIRAS EN LA FASE "R" DEL CONMUTADOR BAJO CARGA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 100 MVA Y 220/50 kV, DESCONECTANDO POR ACTUACIÓN DEL RELÉ DIFERENCIAL.
- 2.-CON LA DESCONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR SE INTERRUPIÓ UN FLUJO DE 78.8 MW.
- 3.-ESTE MODO DE OSCILACIÓN SE PRESENTÓ ENTRE LAS CENTRALES DEL NORTE CONTRA LAS CENTRALES DEL CENTRO DEL SEIN, EL CUAL ES OBSERVADO A TRAVES DE LAS LÍNEAS L-215 Y L-213.

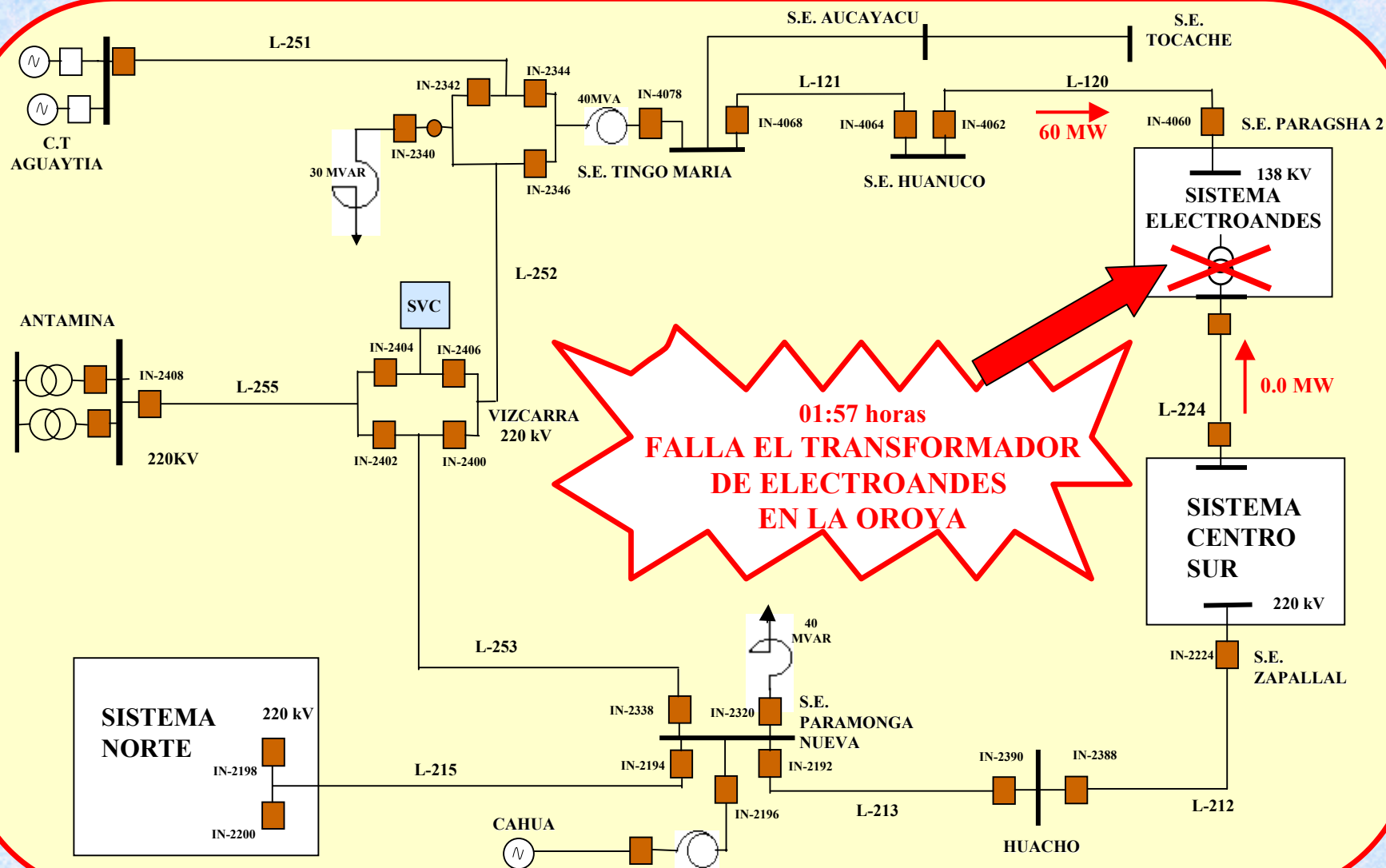


FALLA DEL 14 OCTUBRE DEL 2001

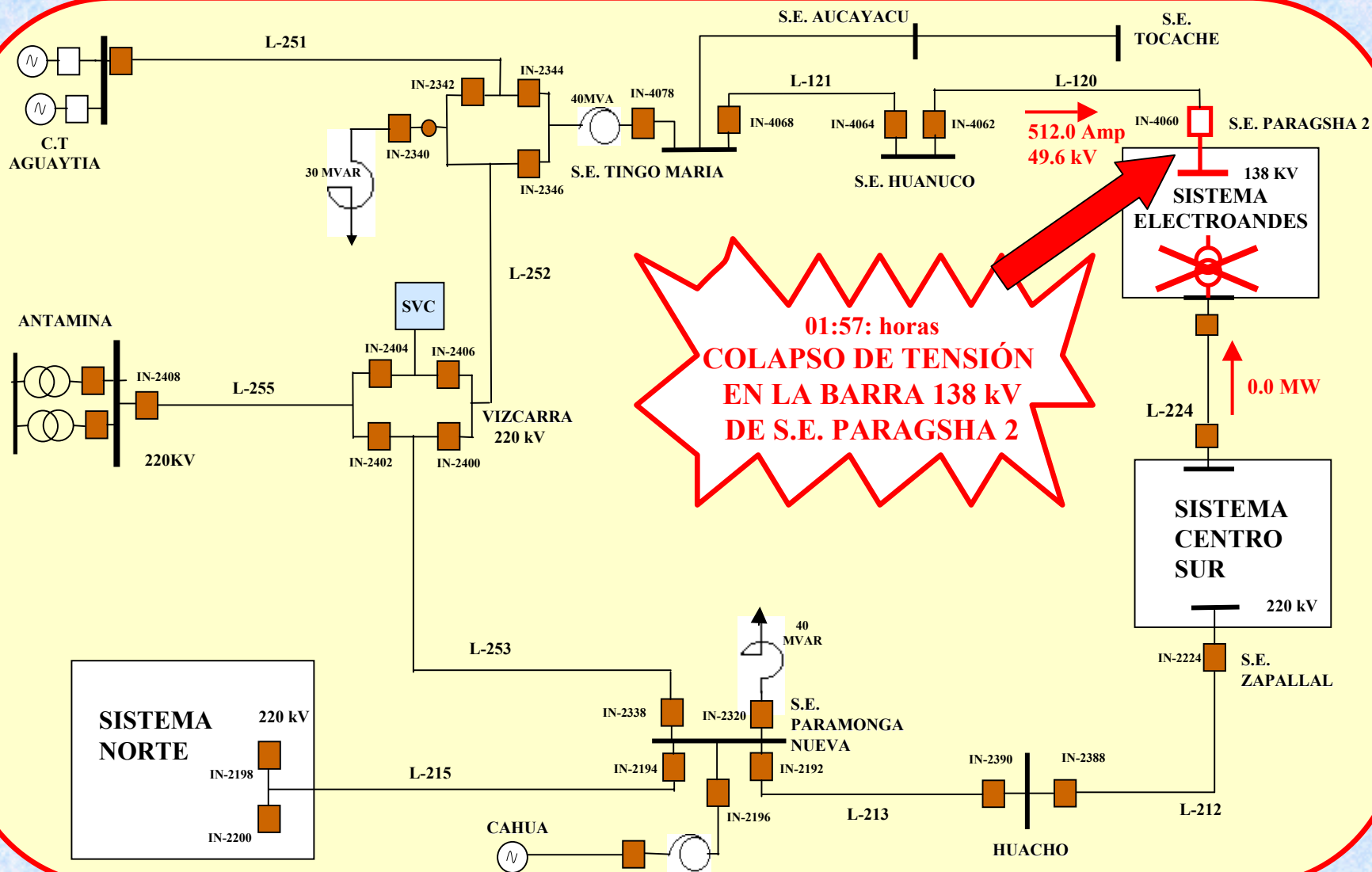




FALLA EN EL TRANSFORMADOR

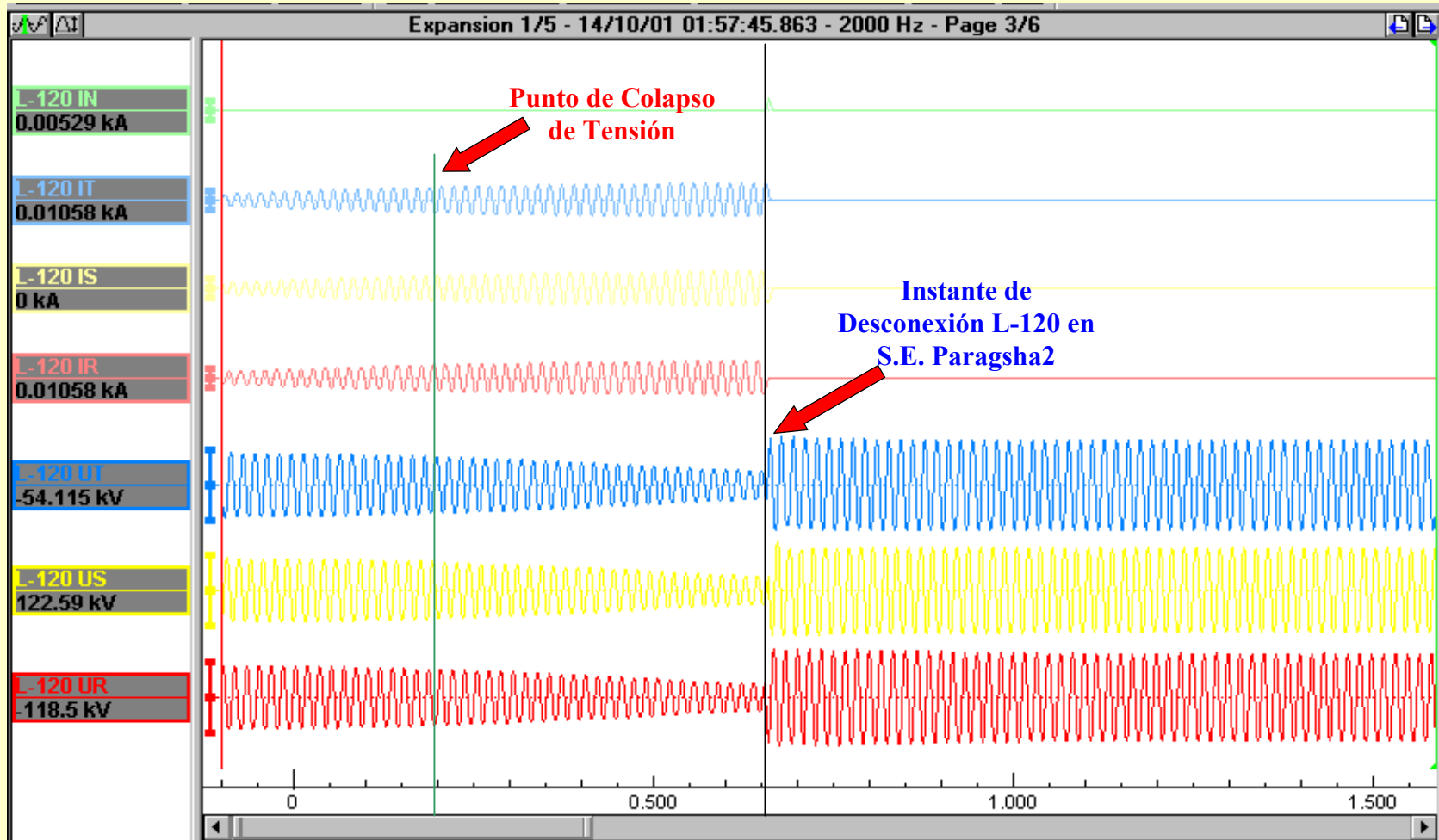


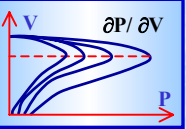
COLAPSO DE TENSION EN PARAGSHA 2



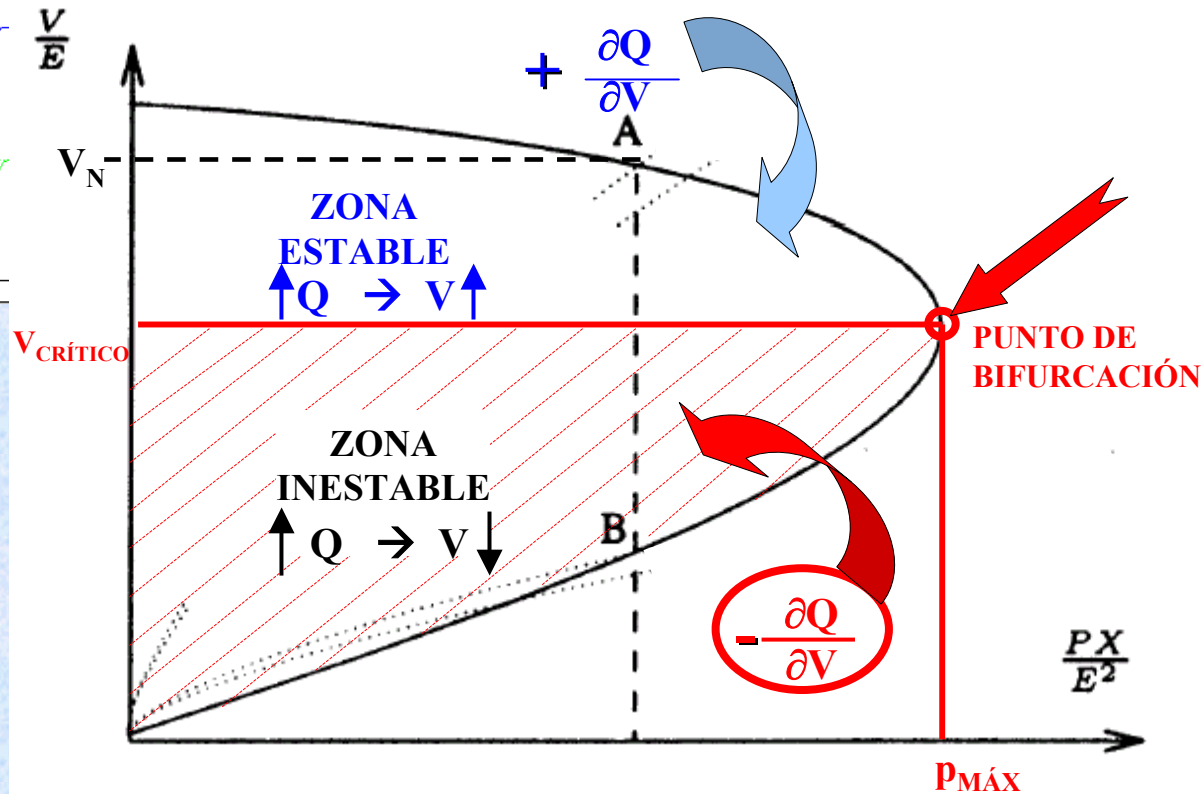
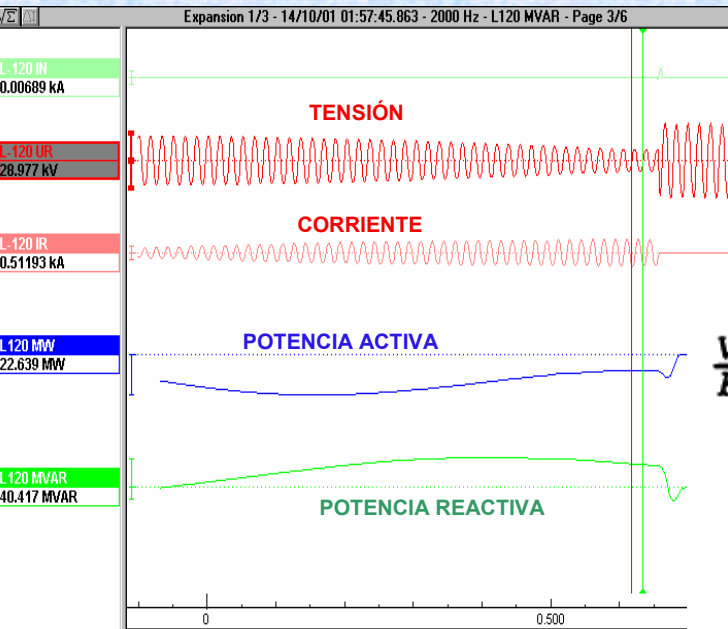
OSCILOGRAFÍA DEL COLAPSO DE TENSIÓN

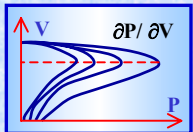
Registro oscilográfico de la línea L-120 en la S.E. Paragsha2.





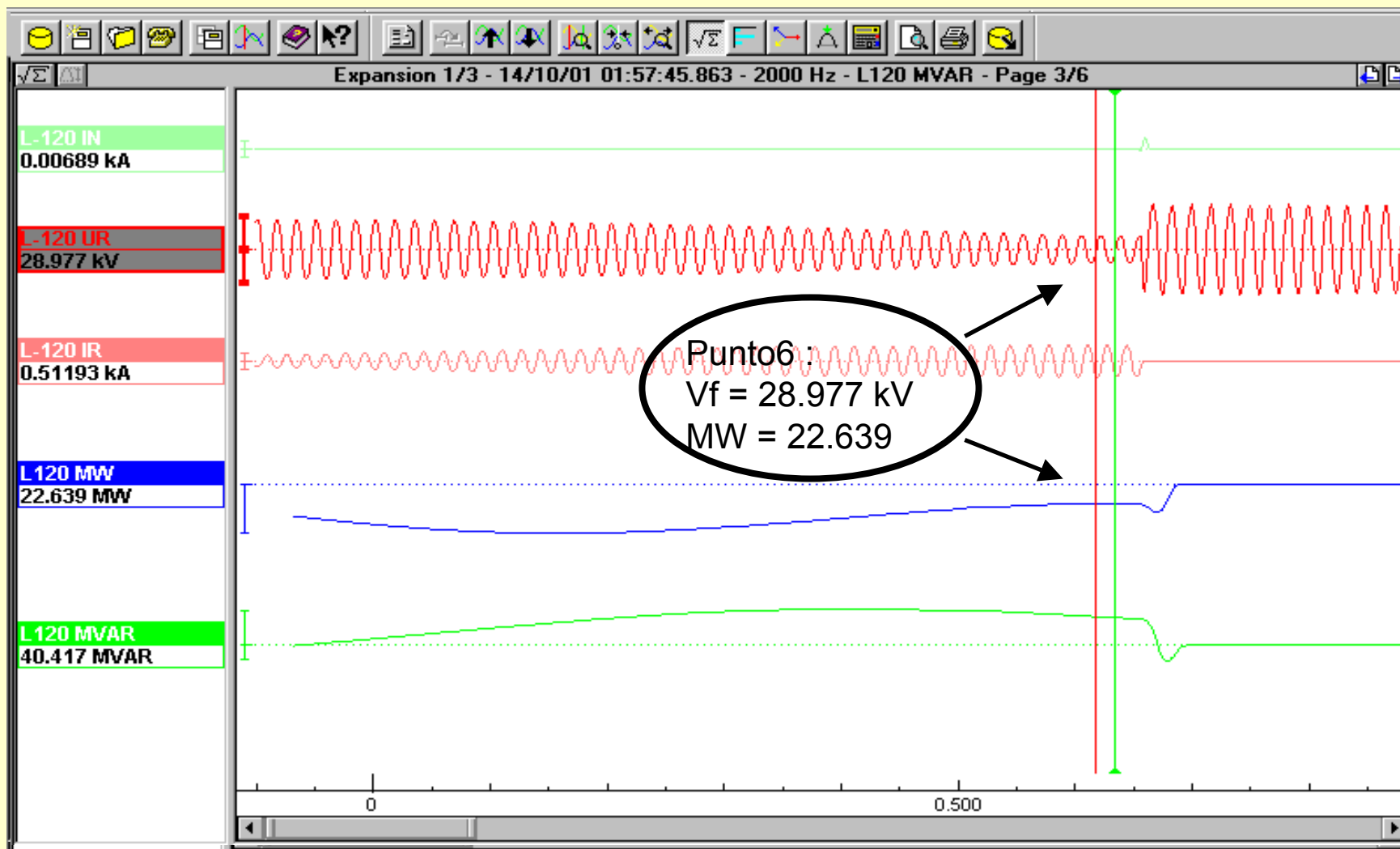
CURVA "P-V" DEL SISTEMA





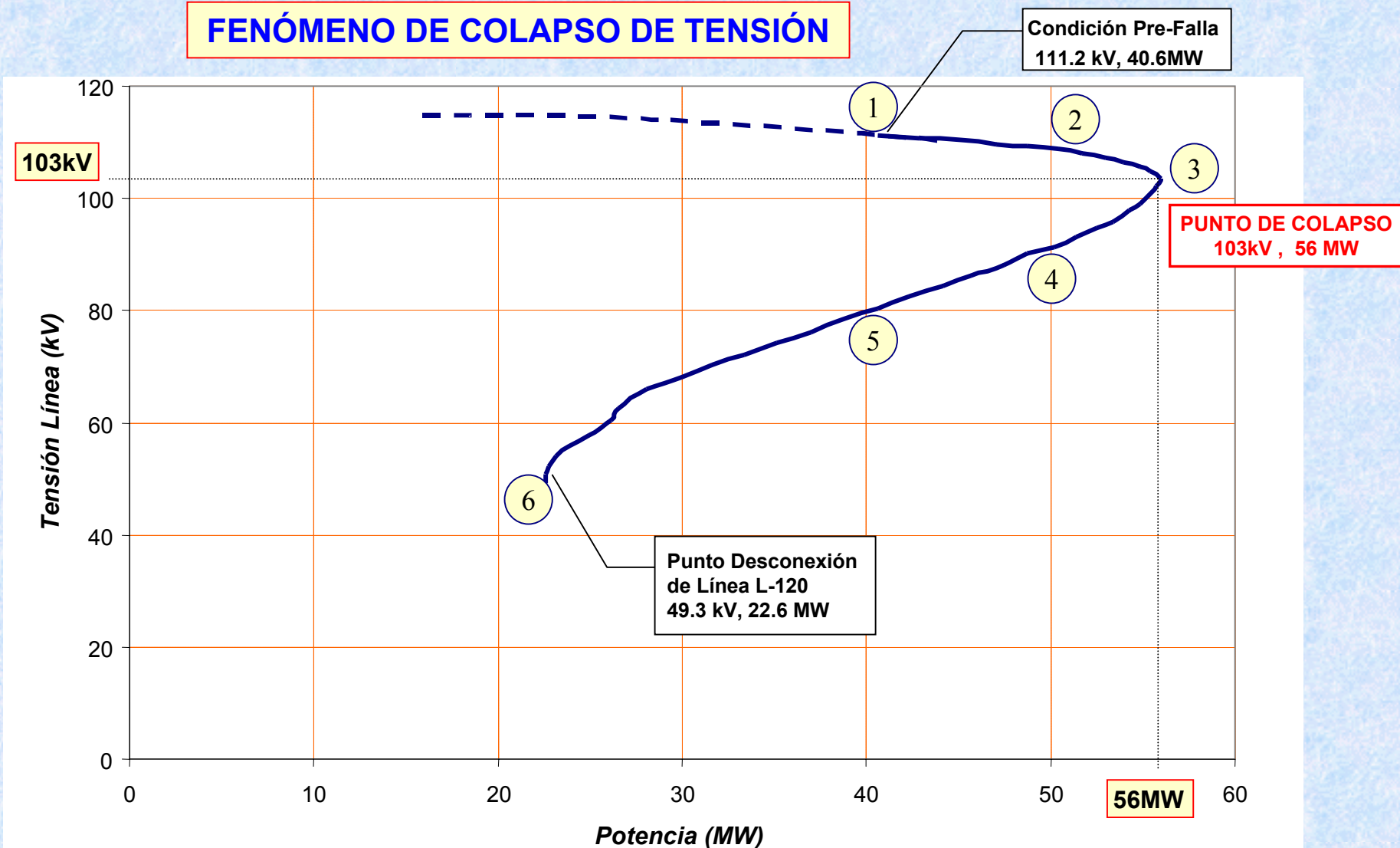
ANÁLISIS DE LA OSCIOLOGRAFÍA

Muestreo de Puntos de POTENCIA ACTIVA y TENSIÓN



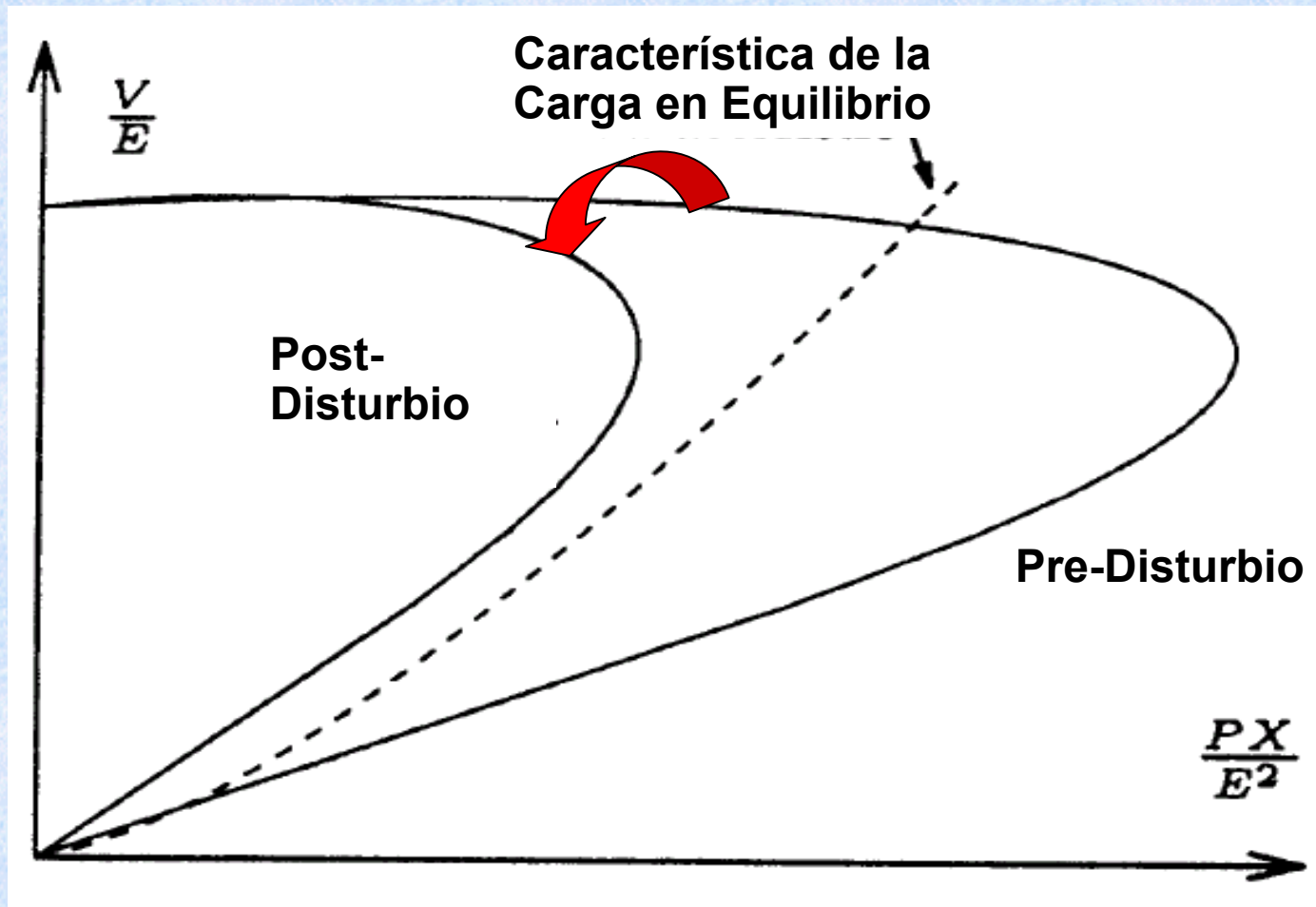
RESULTADOS DEL ANÁLISIS

FENÓMENO DE COLAPSO DE Tensión

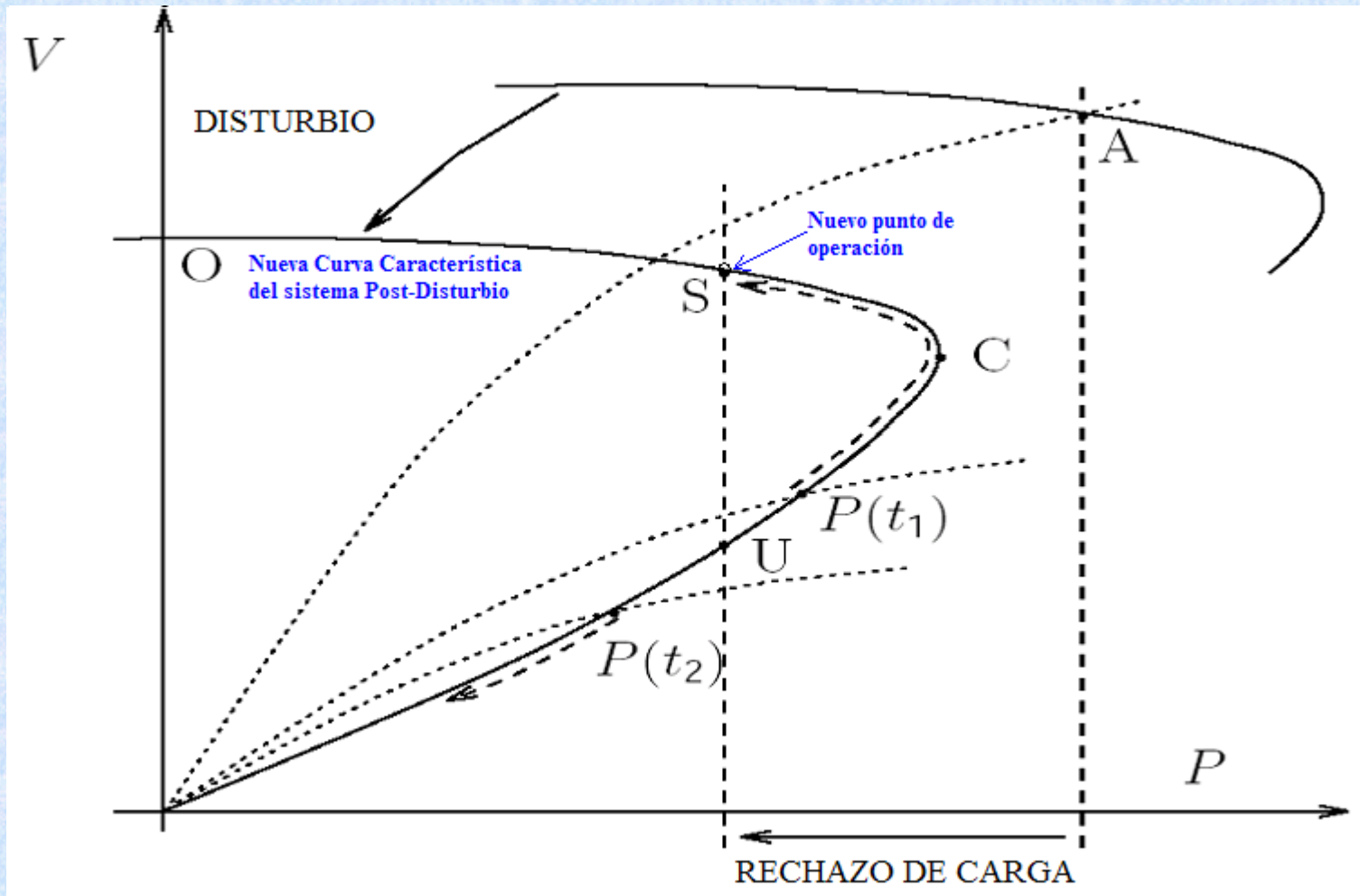


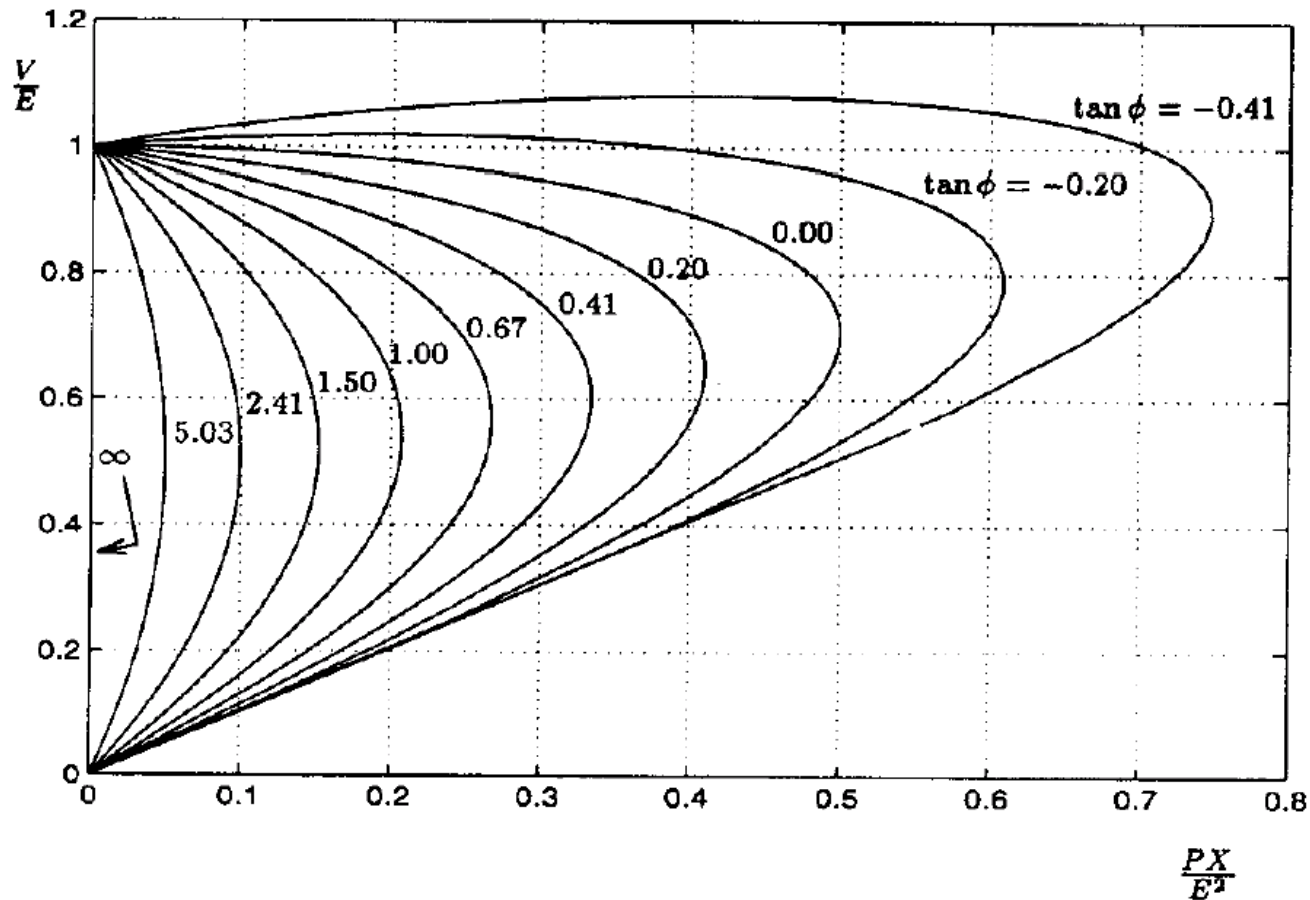
FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIDAD DE VOLTAJE

- 1.- Severa Contingencia de pérdida de generación ó transmisión puede ocasionar inestabilidad de tensión.



2.- Mediante el Rechazo Automático de Carga





3

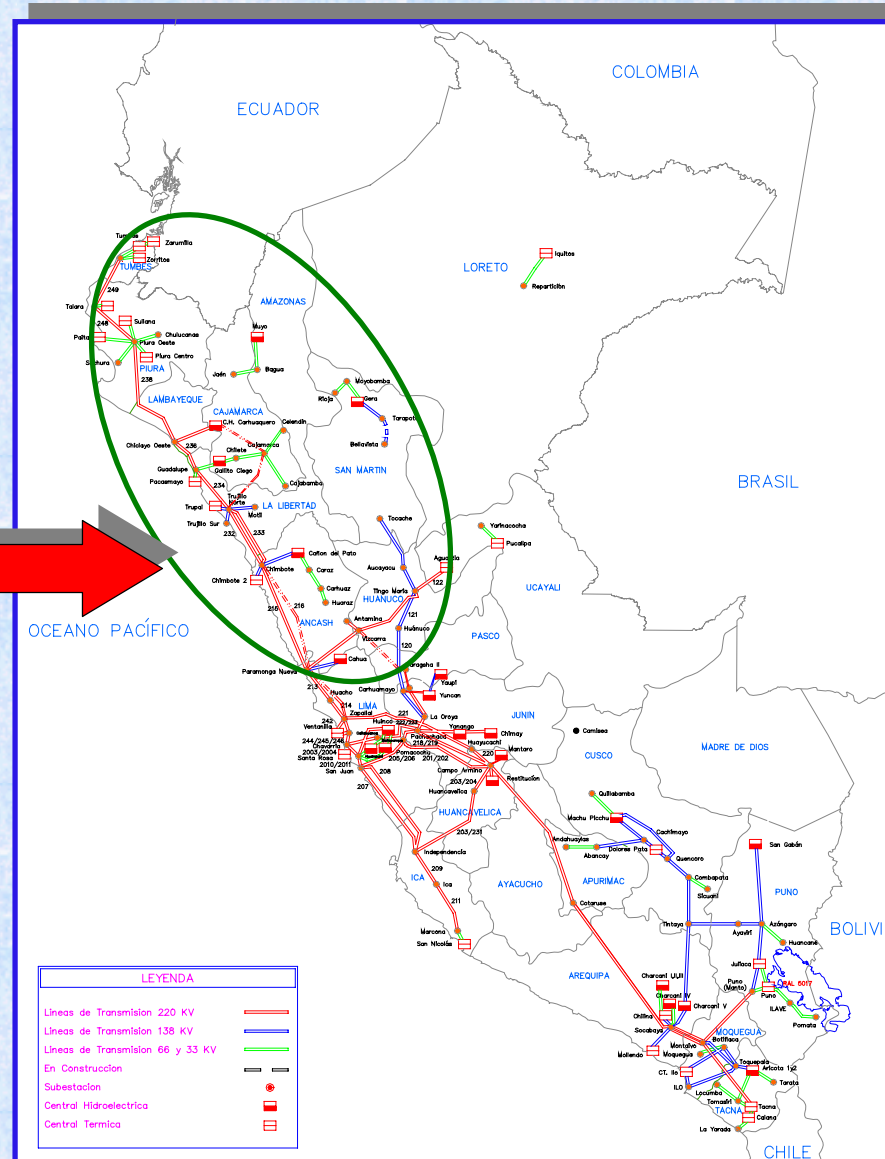
Para el caso de cargas sobre compensadas ($\text{Tg } \phi < 0$), hay una parte de superior de la curva P-V a lo largo de la cual la tensión aumenta con la potencia de la carga. La explicación es que, el incremento de potencia activa produce más caída de tensión que es compensada por un incremento de potencia reactiva; siendo este efecto más pronunciado cuanto más negativo es la $\text{Tg } \phi$.

**PÉRDIDA DE ESTABILIDAD
PERMANENTE DEL
ÁREA NORTE DEL SEIN**

EVENTO DEL 25 DE JULIO DEL 2002

UBICACIÓN DEL EVENTO

AREA OPERATIVA
NORTE DEL SEIN

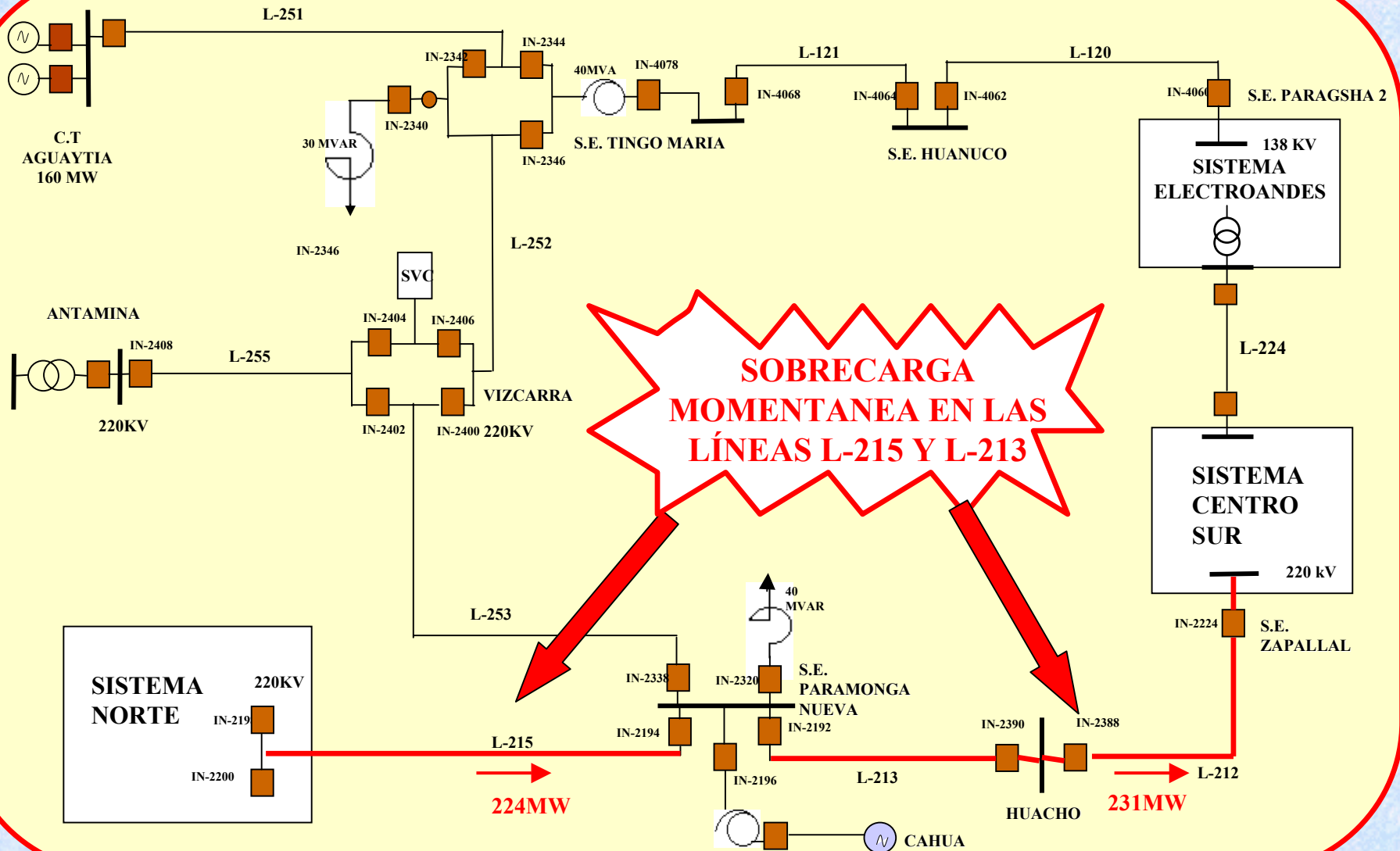




DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

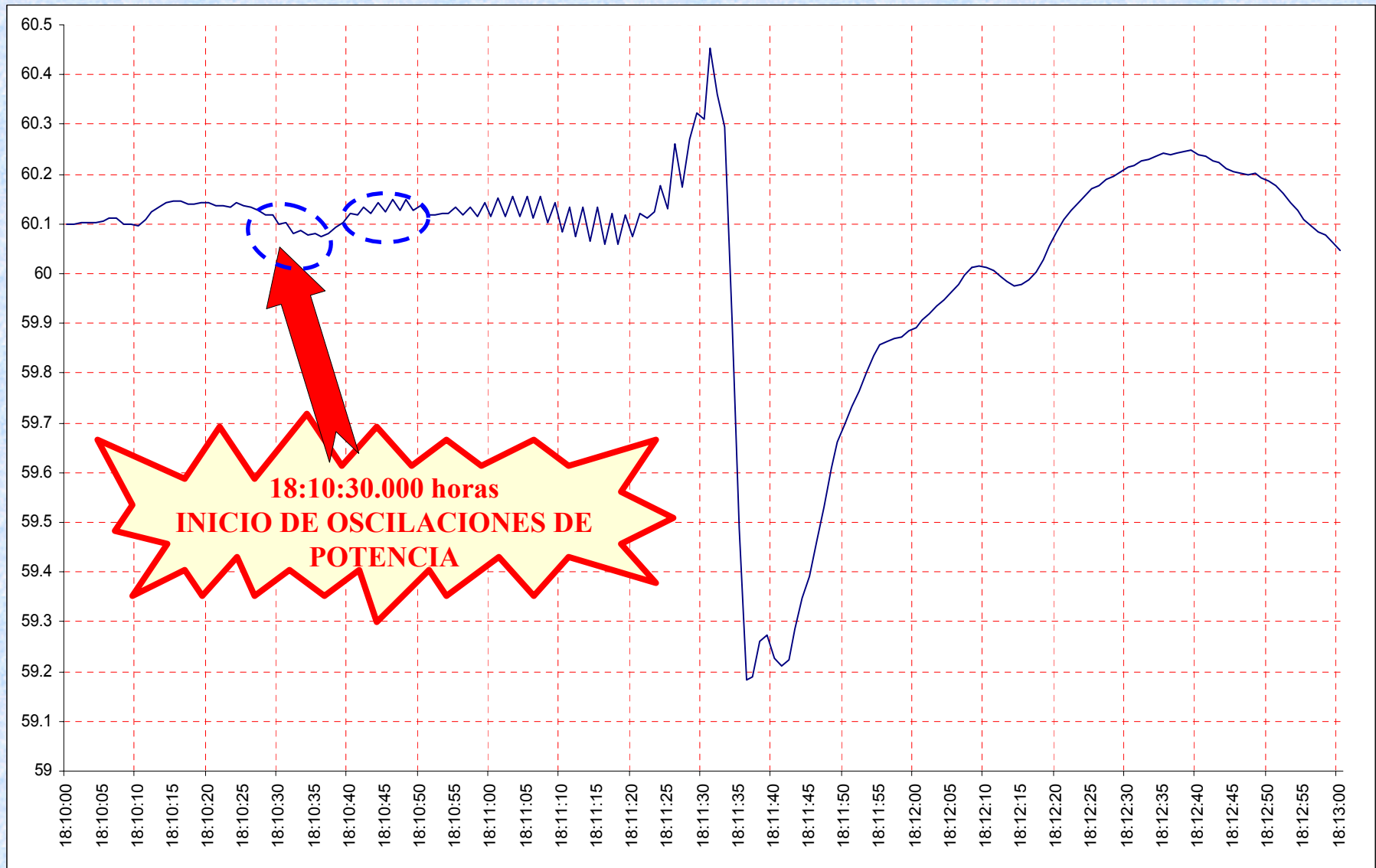
EVENTO	: OSCILACIONES DE POTENCIA DE BAJA FRECUENCIA - MODOS INTEREAS
UBICACIÓN	: AREA NORTE DEL SEIN
DÍA	: 25 de Julio del 2002
HORA	: 18:10:30 h
EFFECTOS	: DESCONEXIONES DE INSTALACIONES DE GENERACIÓN Y TRANSMISIÓN
CONSECUENCIA	: INTERRUPCIÓN DE SUMINISTROS

DESCONEXIÓN DE LA LÍNEA L-253



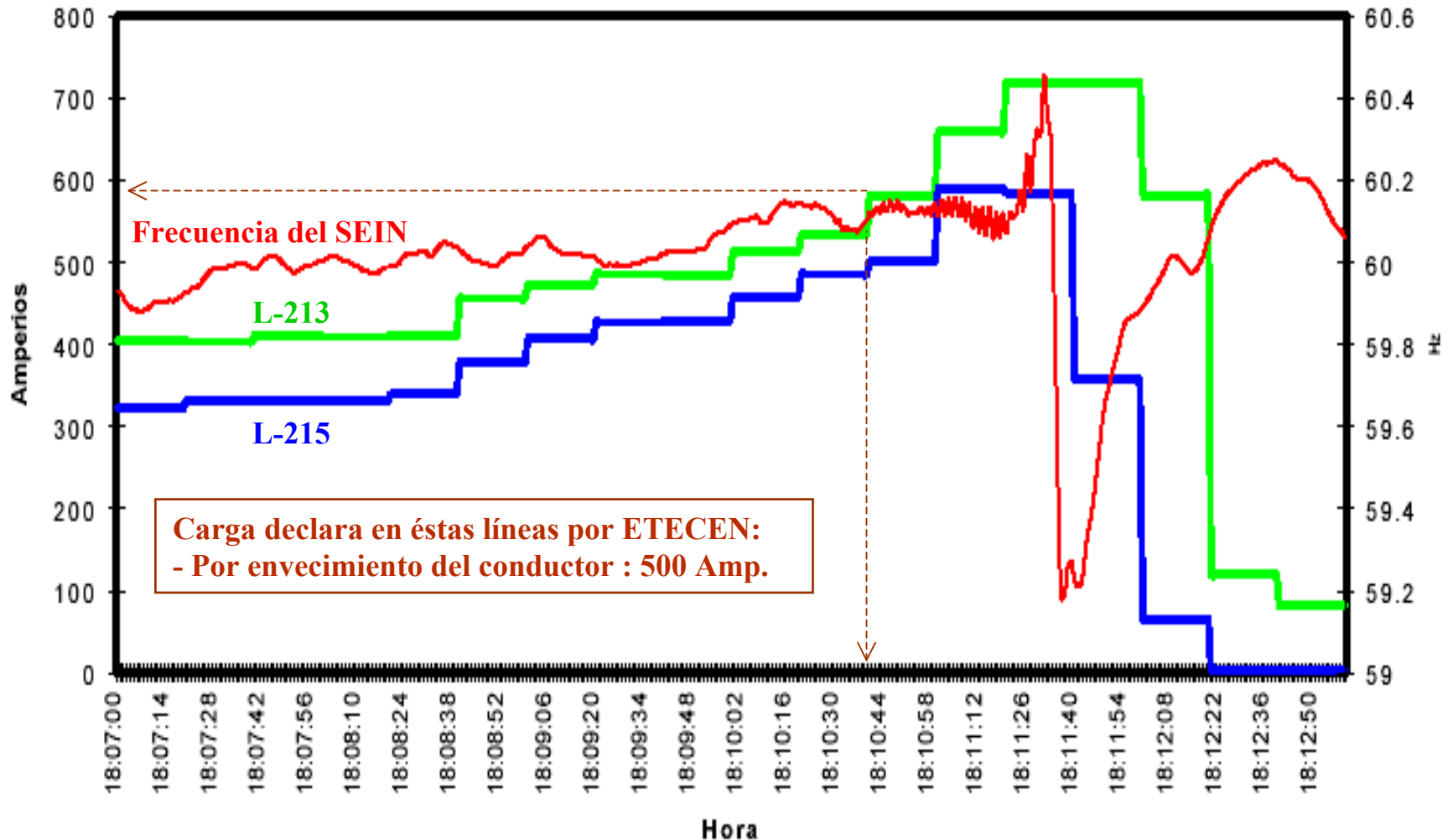


FRECUENCIA DEL SEIN



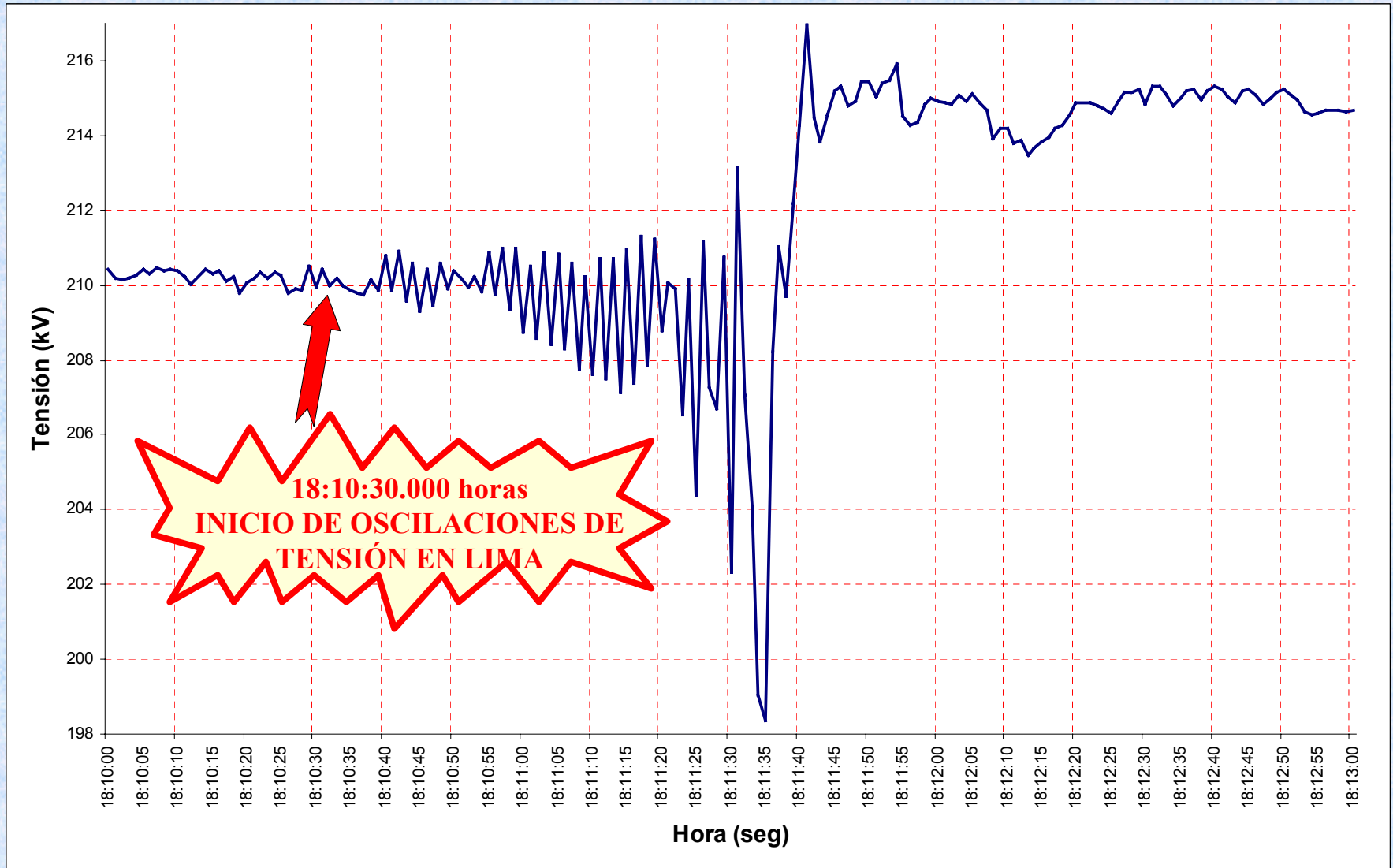
CARGA EN LAS LÍNEAS L-215 Y L-213

Corriente en líneas L-213 y L-215 & Frecuencia

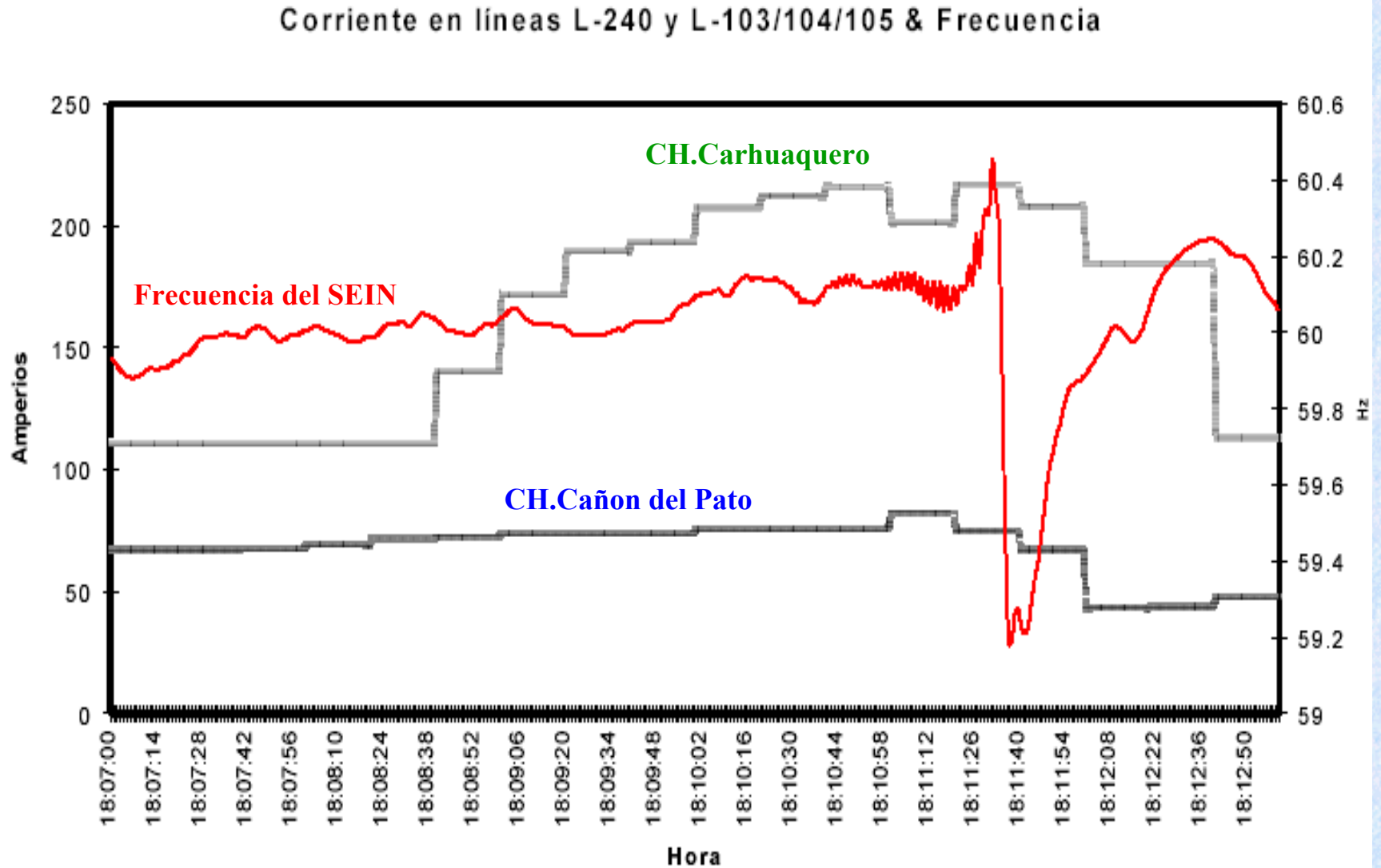




INESTABILIDAD DE TENSION EN LA BARRA 220kV DE LA S.E. SAN JUAN



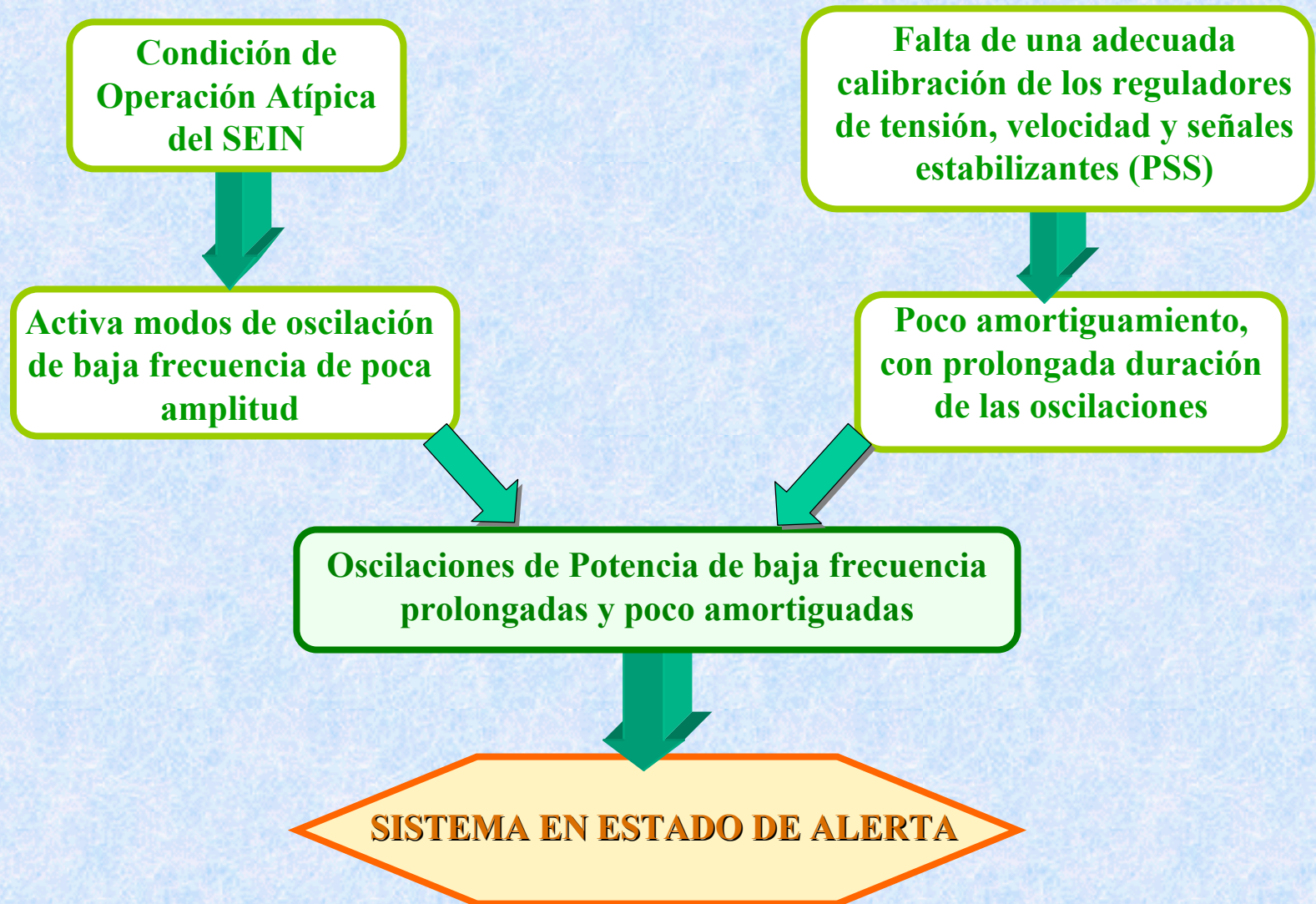
INCREMENTO DE GENERACIÓN EN EL NORTE

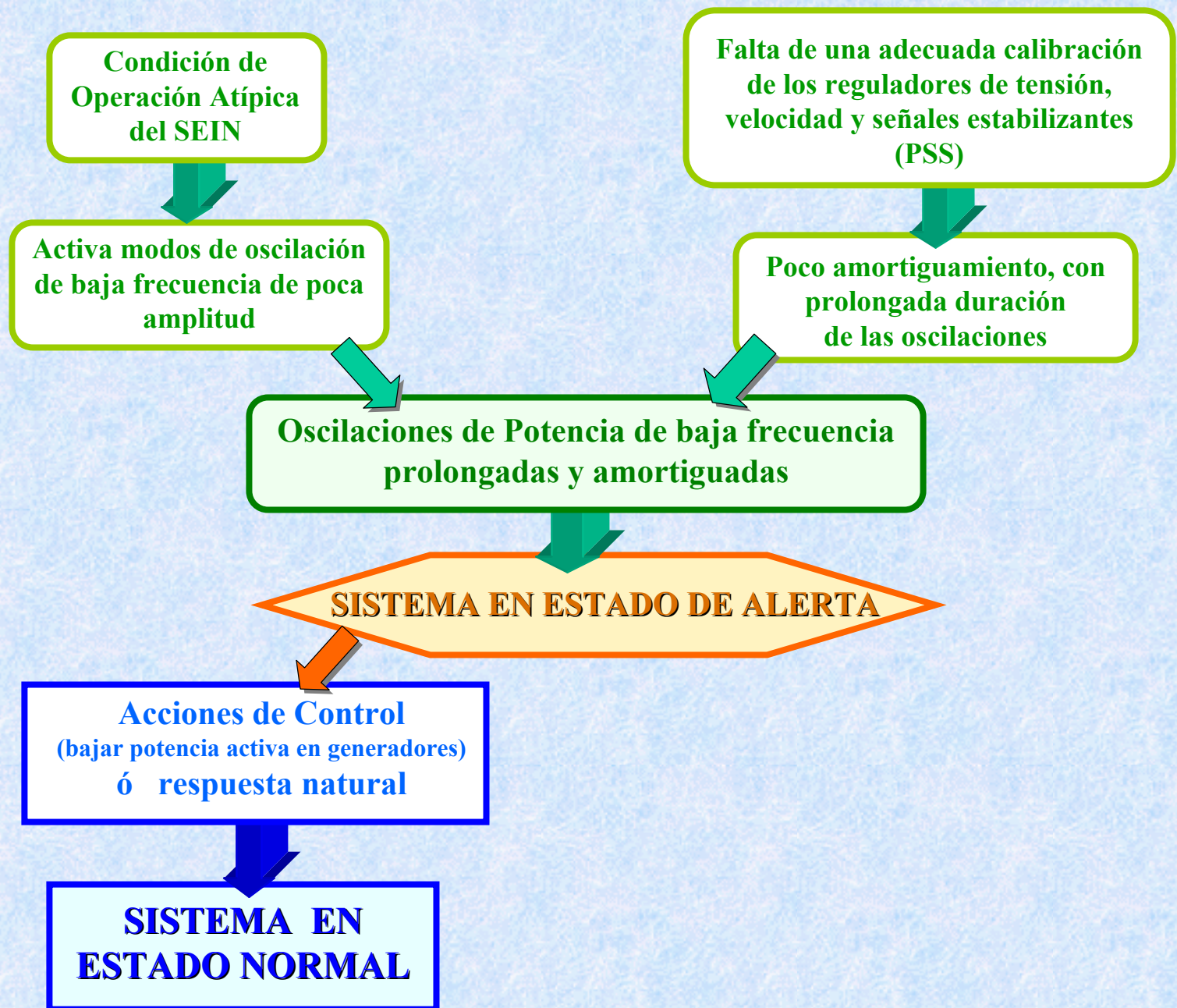




CAMBIOS EN EL SISTEMA

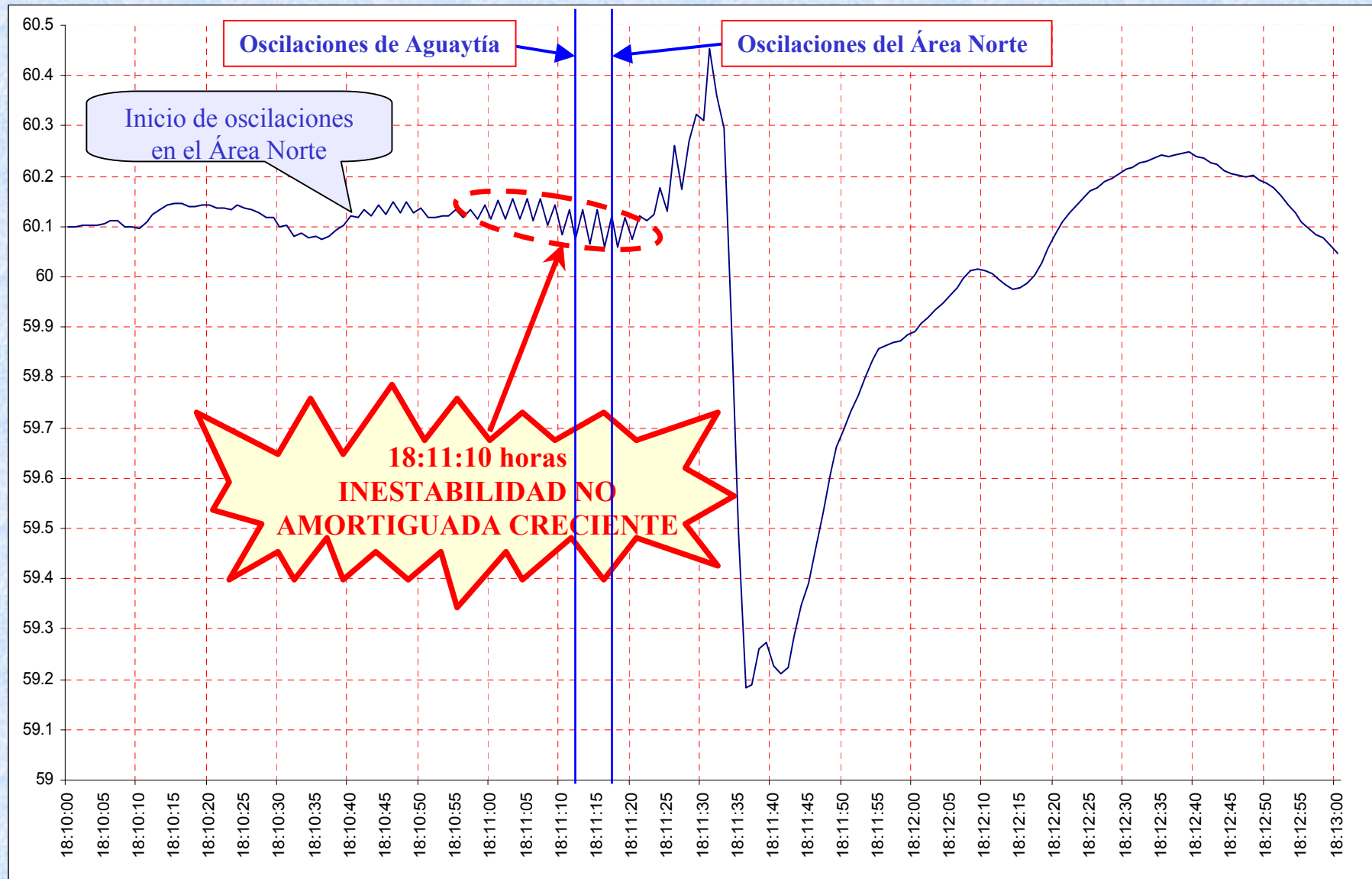






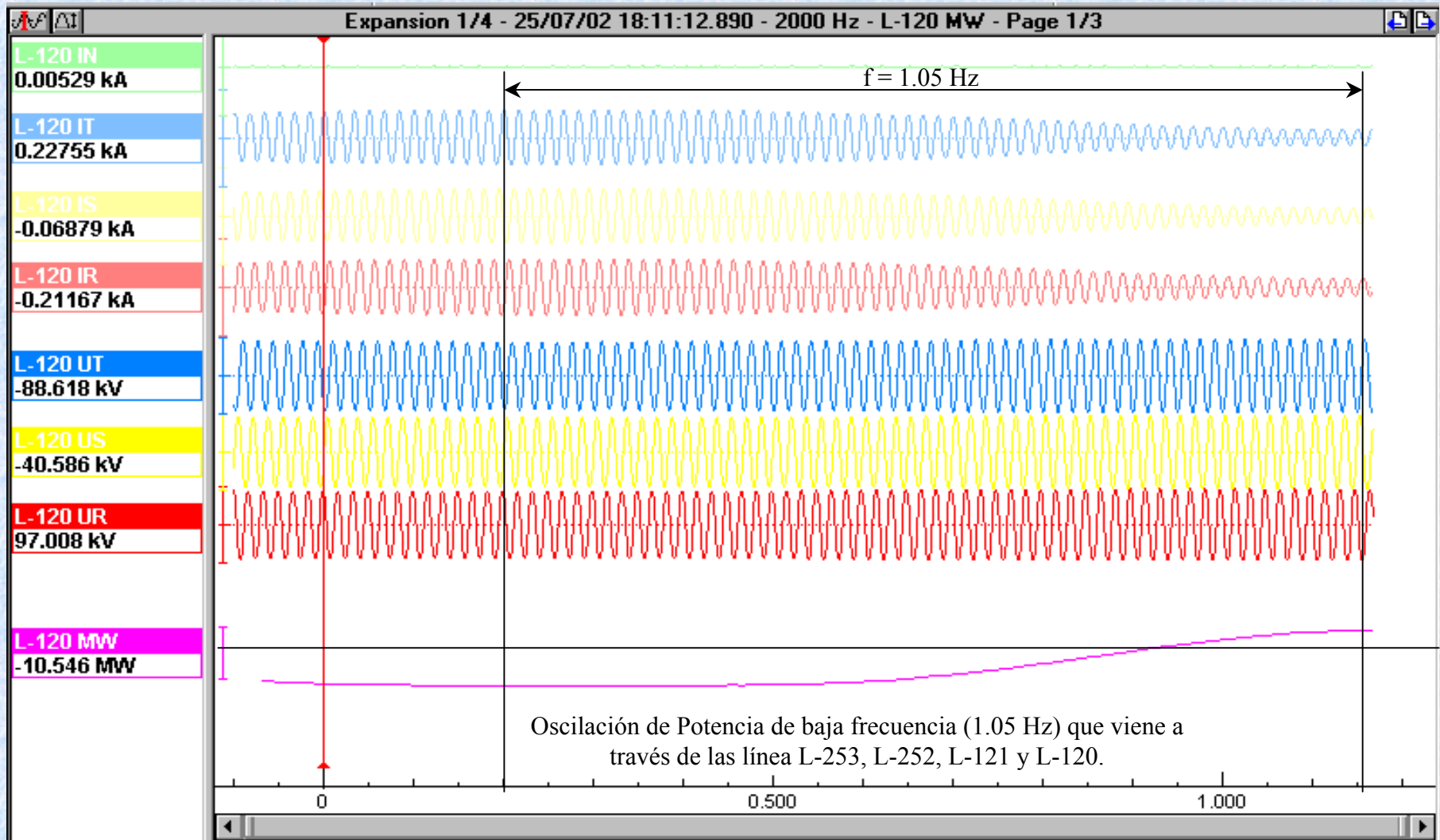


INESTABILIDAD CRECIENTE



OSCILACIÓN A PEQUEÑAS PERTURBACIONES

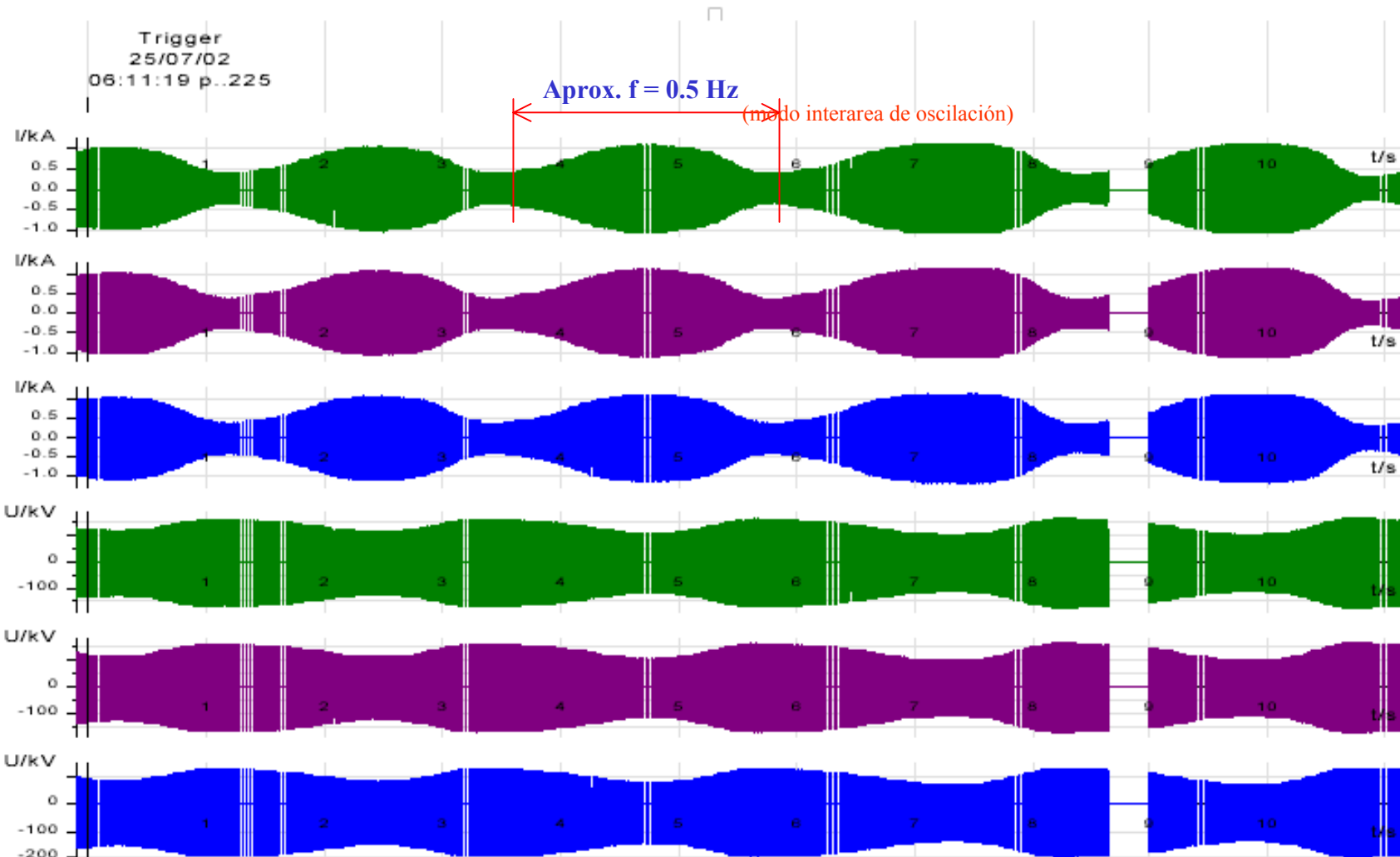
Oscilografía de la Línea L-120 en la S.E. Huánuco.





OSCILACIONES DE BAJA FRECUENCIA

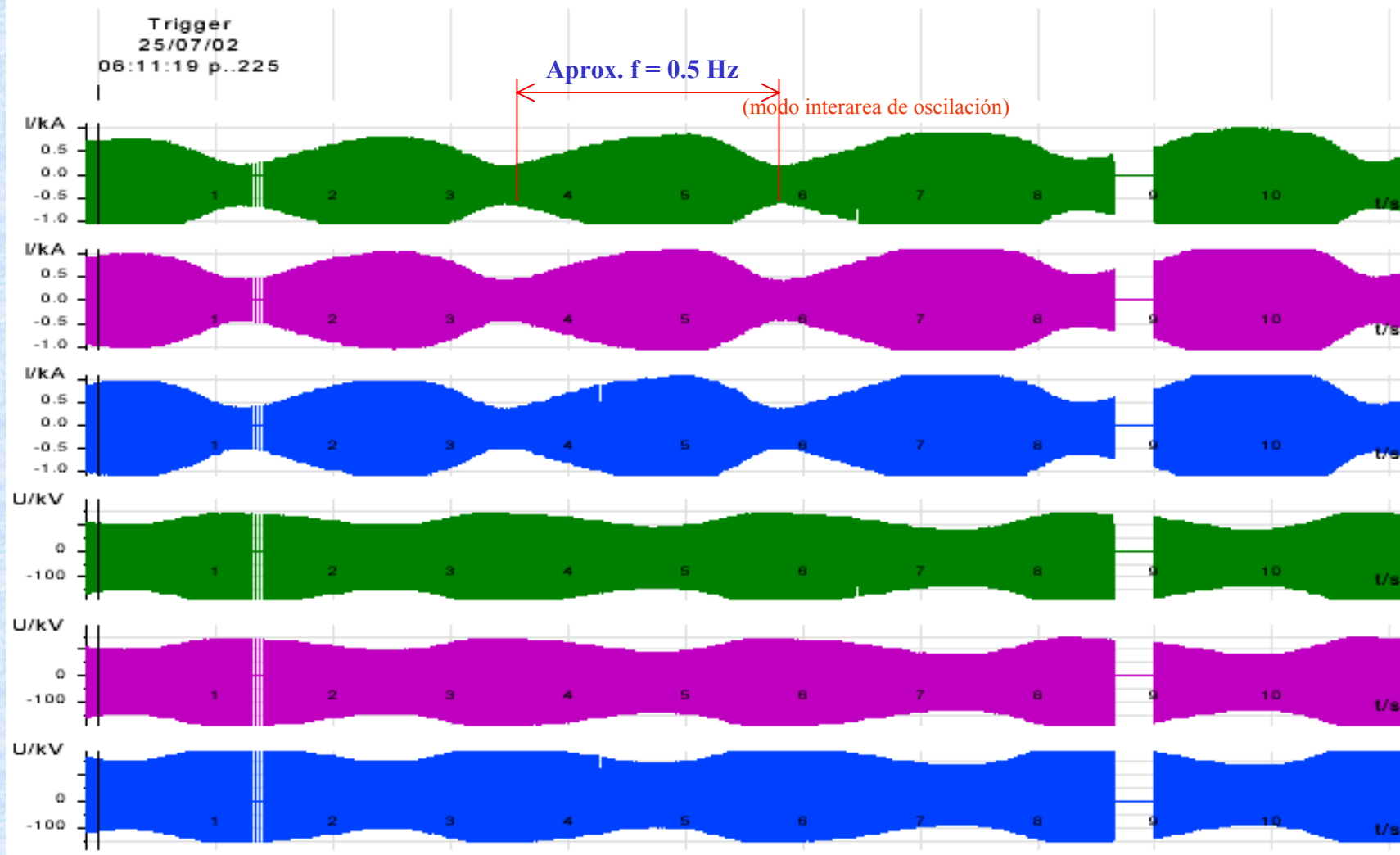
Tensión y corriente en la L-215 S.E. Paramonga Nueva

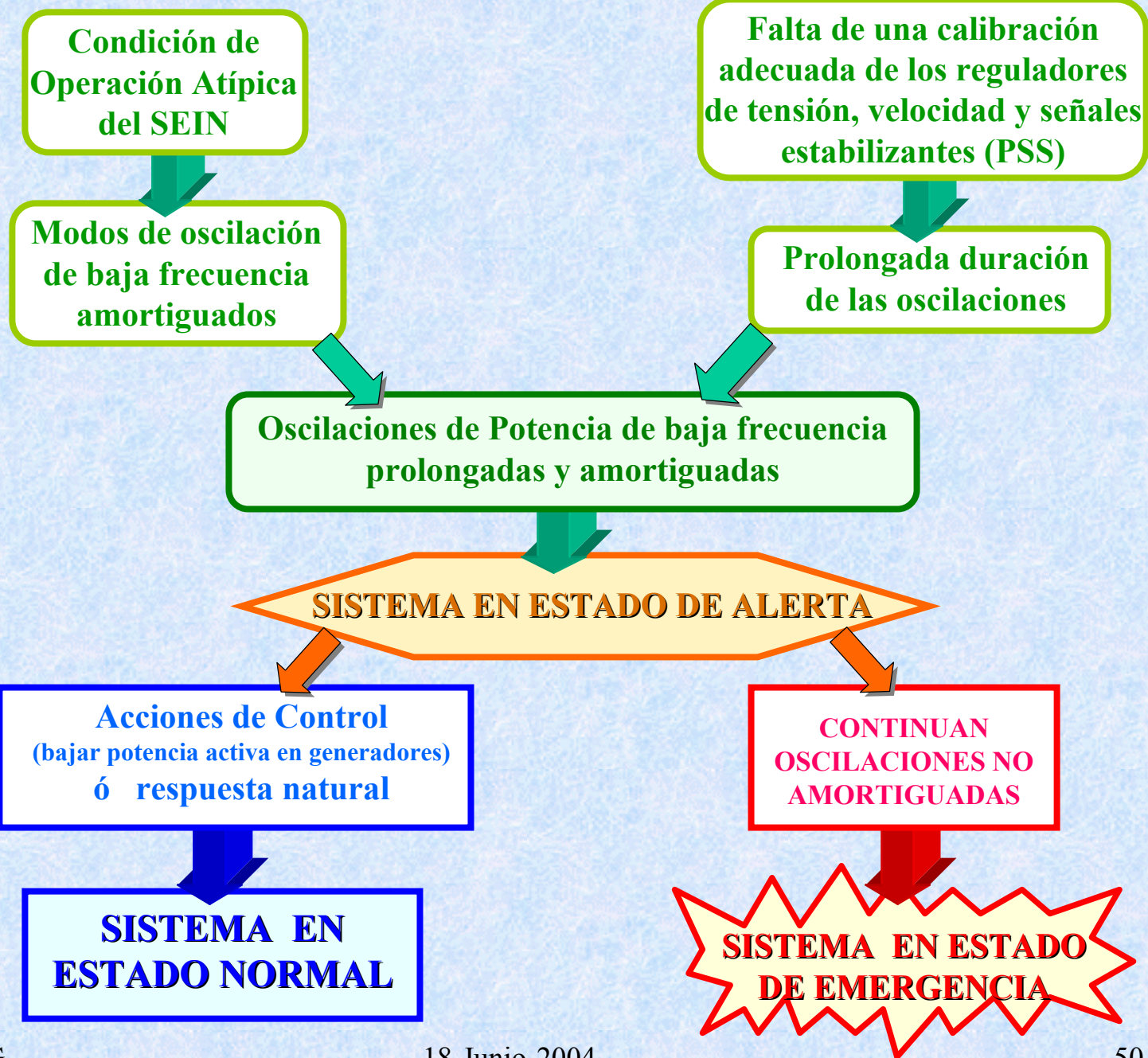




OSCILACIONES DE BAJA FRECUENCIA

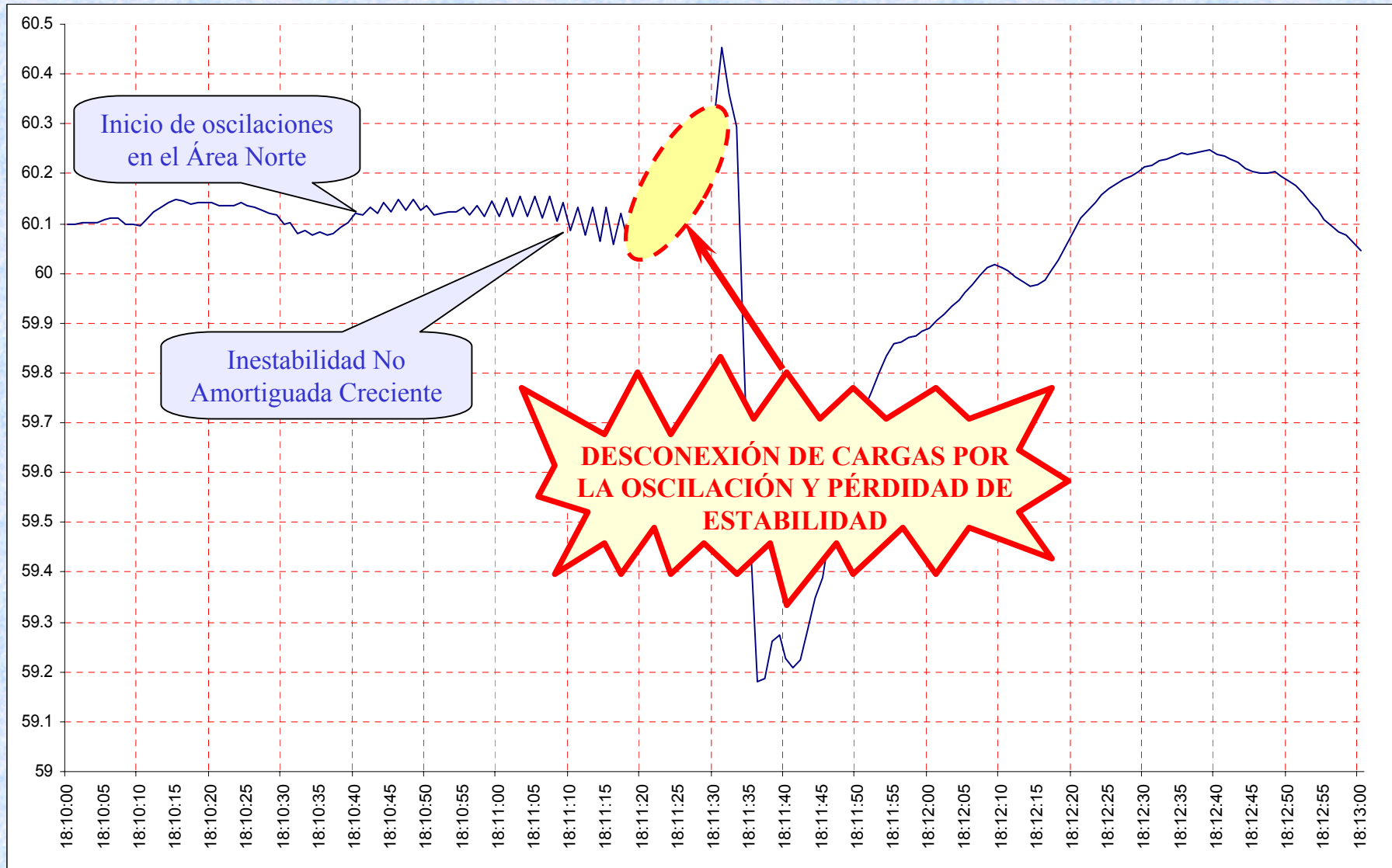
Tensión y corriente en la L-213 S.E. Paramonga Nueva





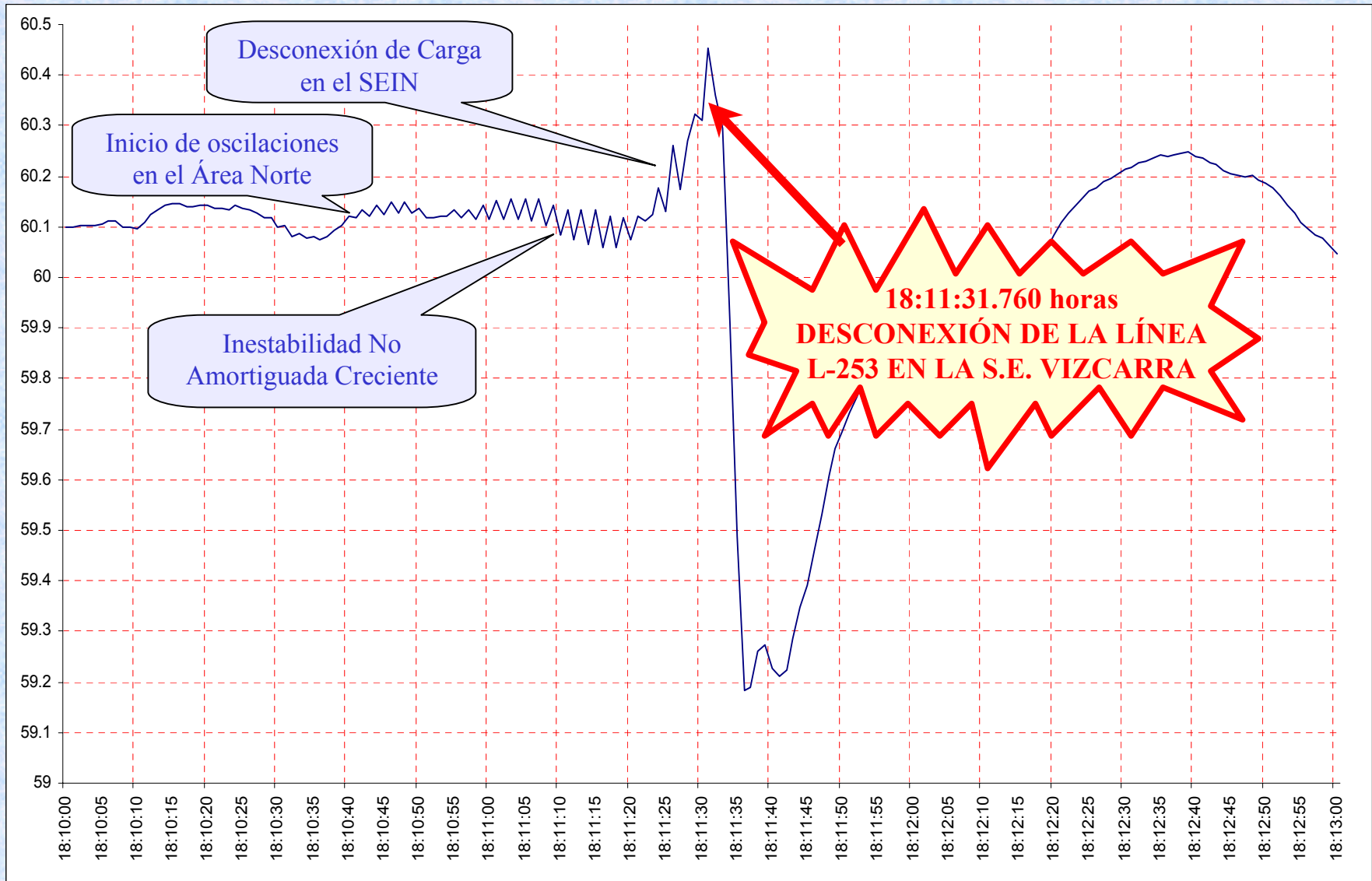


PÉRDIDA DE CARGA EN EL SEIN

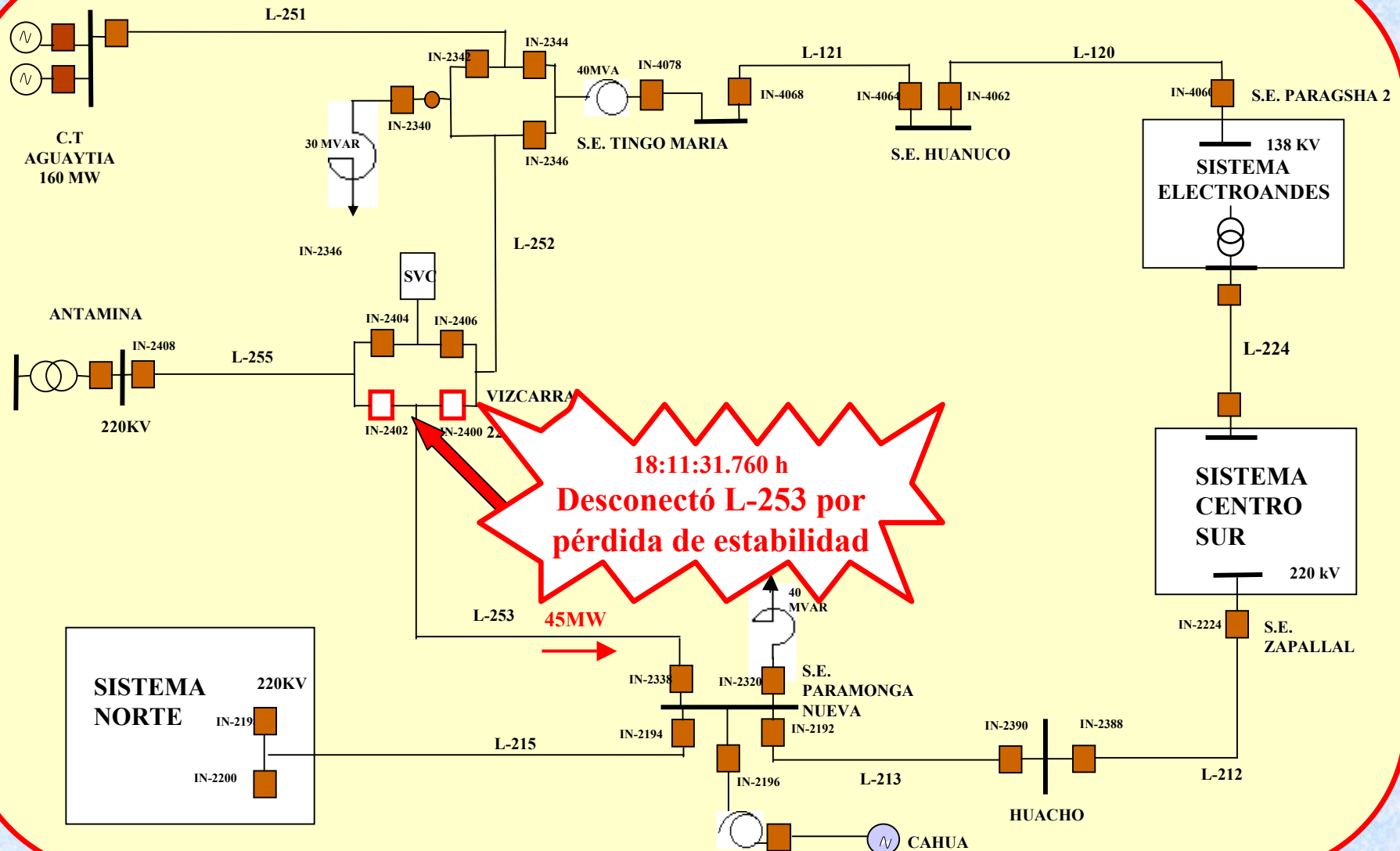




DESCONEXIÓN DE LA LÍNEA L-253

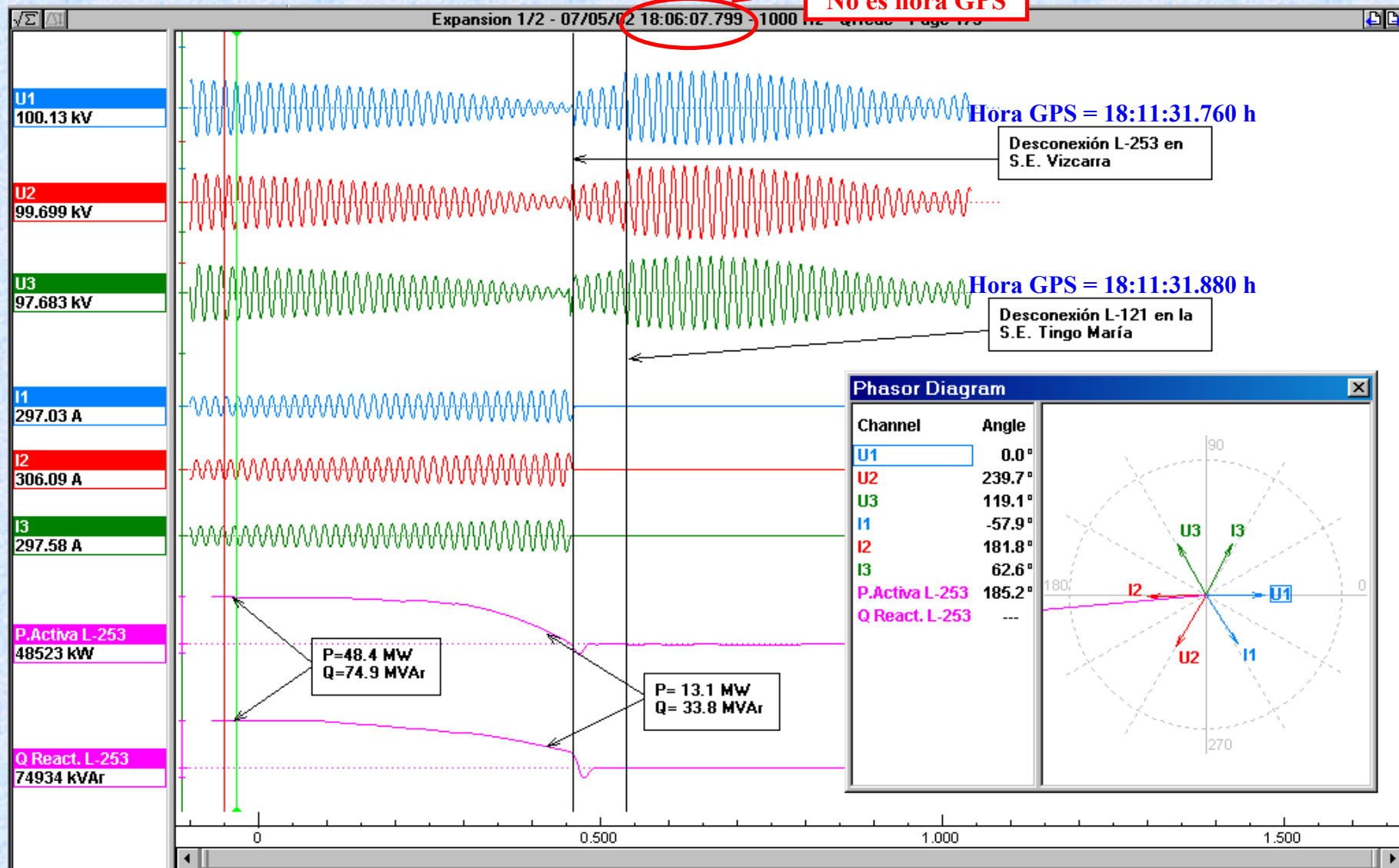


DESCONEXIÓN DE LA LÍNEA L-253



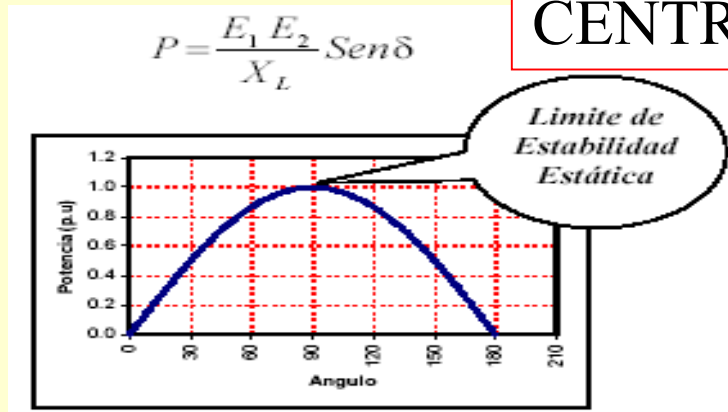
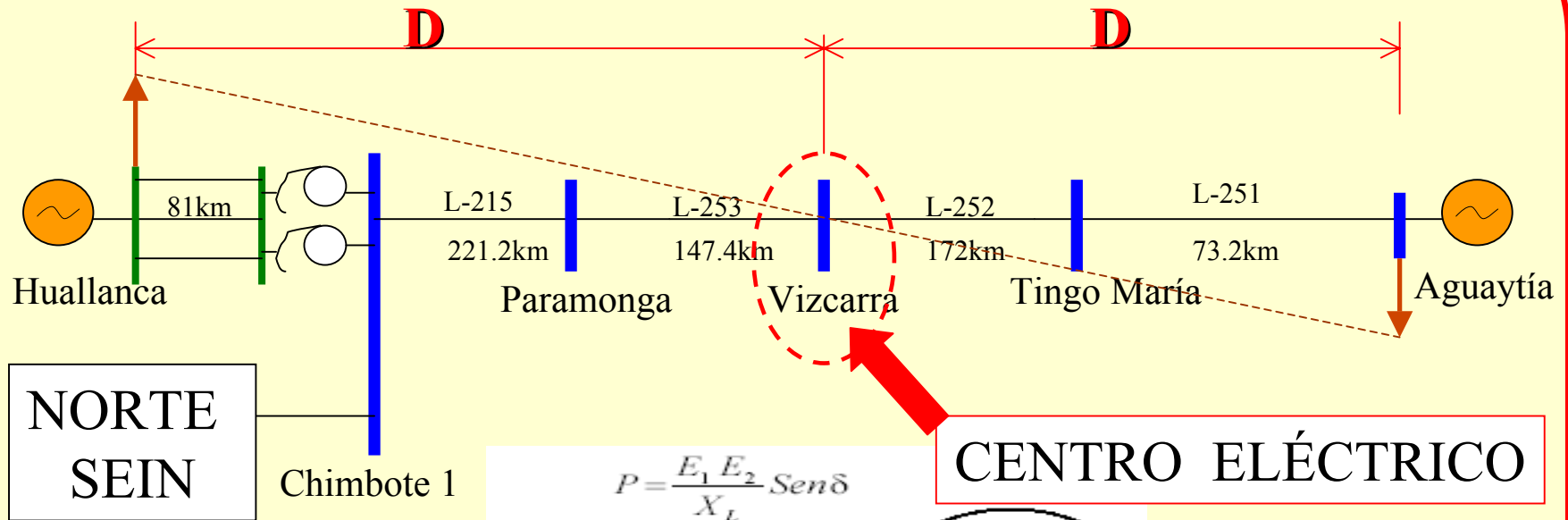
DESCONEXIÓN L-253 EN S.E. VIZCARRA POR PÉRDIDA DE ESTABILIDAD

No es hora GPS

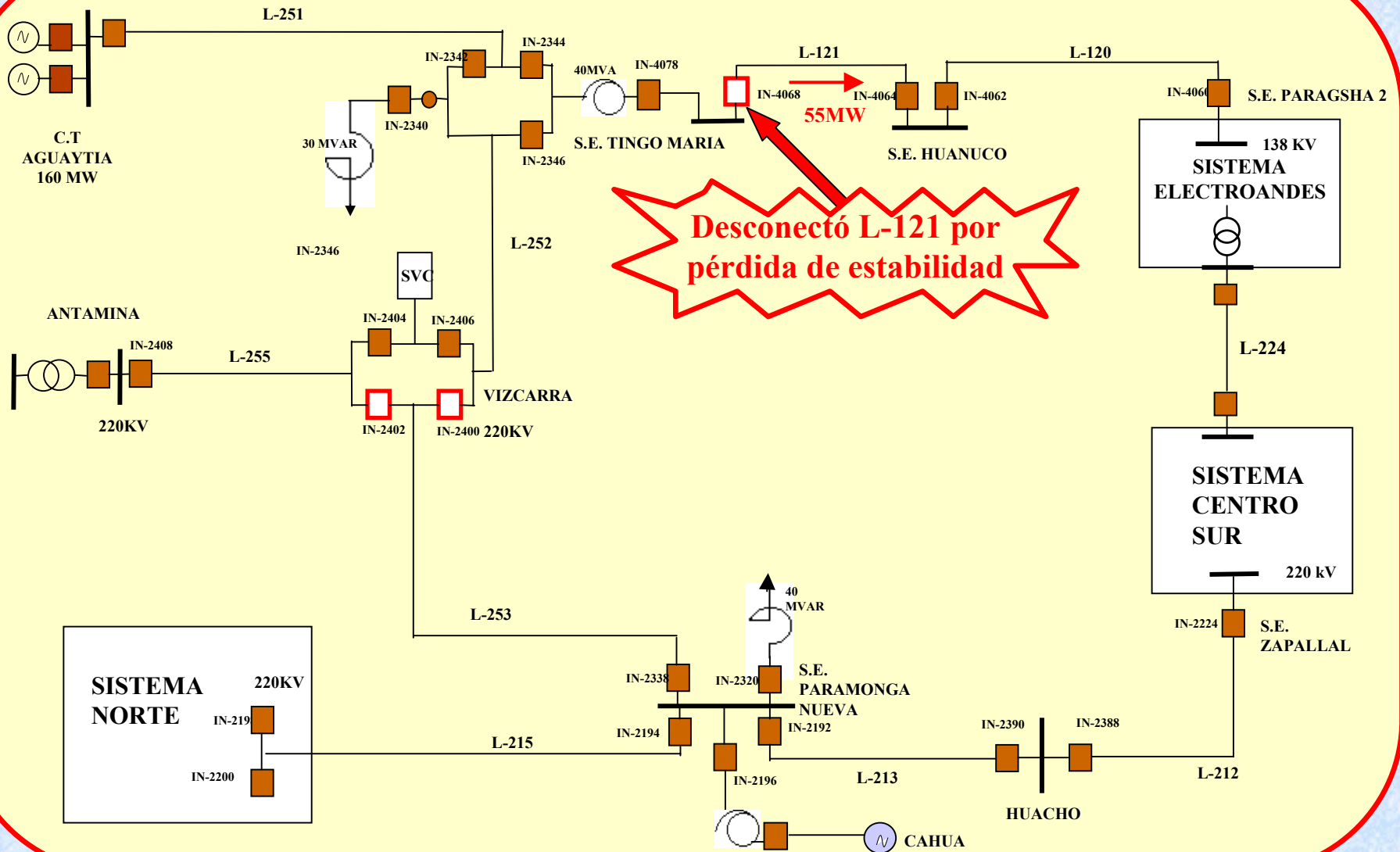


DESCONEXIÓN L-253 EN S.E. VIZCARRA POR PÉRDIDA DE ESTABILIDAD

Pérdida de estabilidad entre la C.H. Cañón del Pato con la C.T. Aguaytía

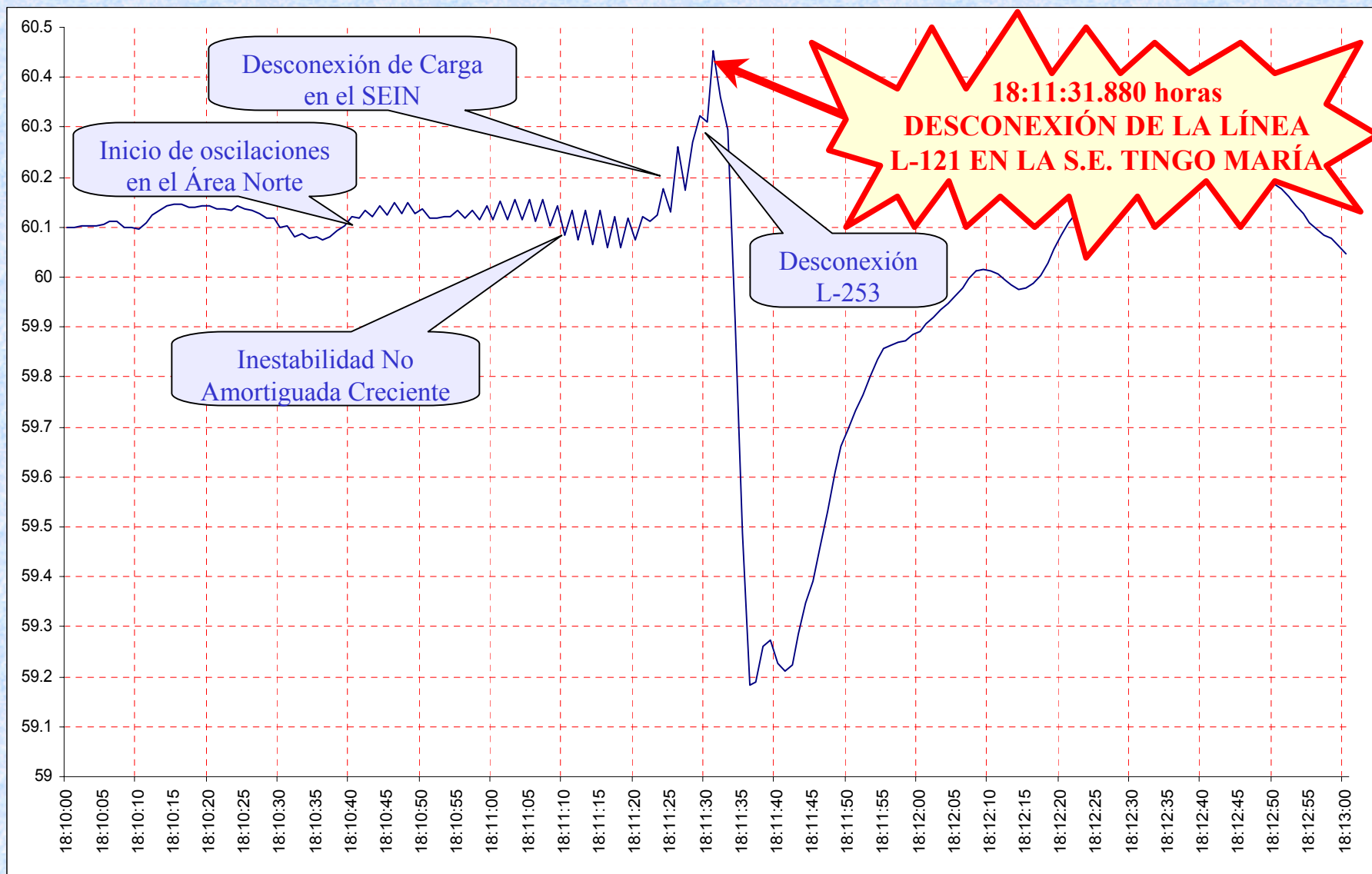


DESCONEXIÓN DE LA LÍNEA L-121

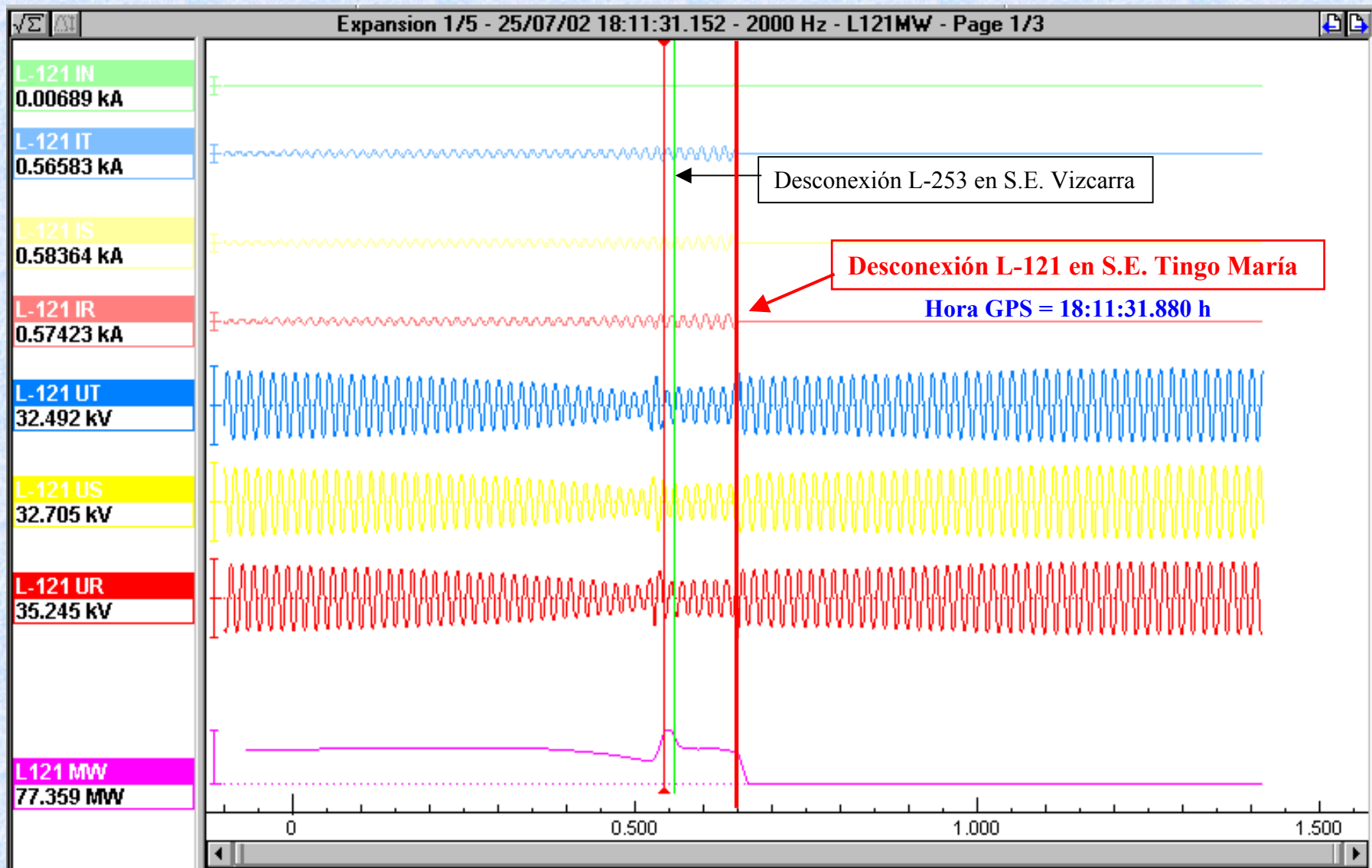




DESCONEXIÓN DE LA LÍNEA L-121

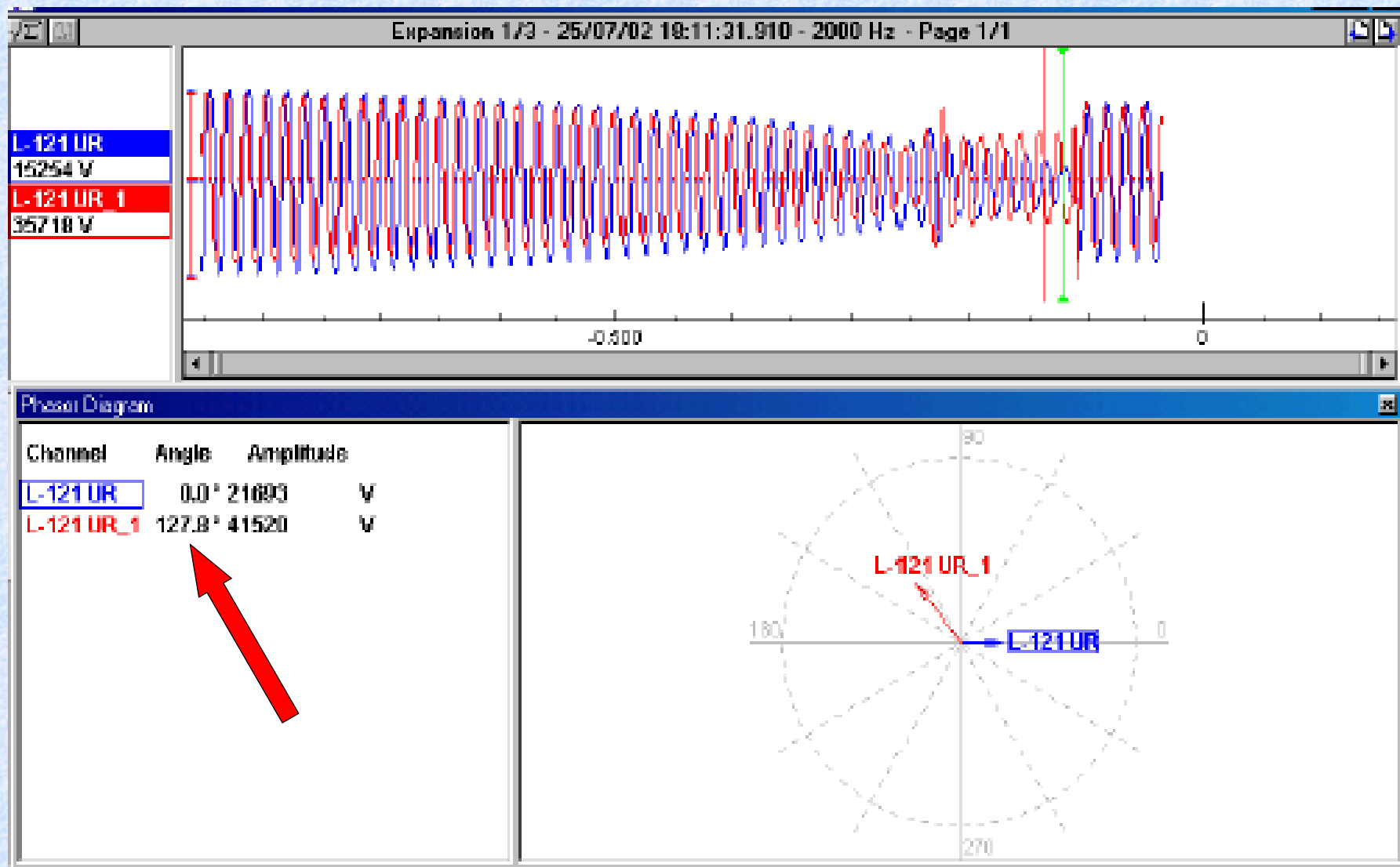


OSCILOGRAFÍA L-121 - S.E. TINGO MARÍA



PÉRDIDA DE ESTABILIDAD ÁREA DE AGUAYTÍA

Tensiones en las Barras de Tingo María y Huánuco y Diferencias de Ángulo



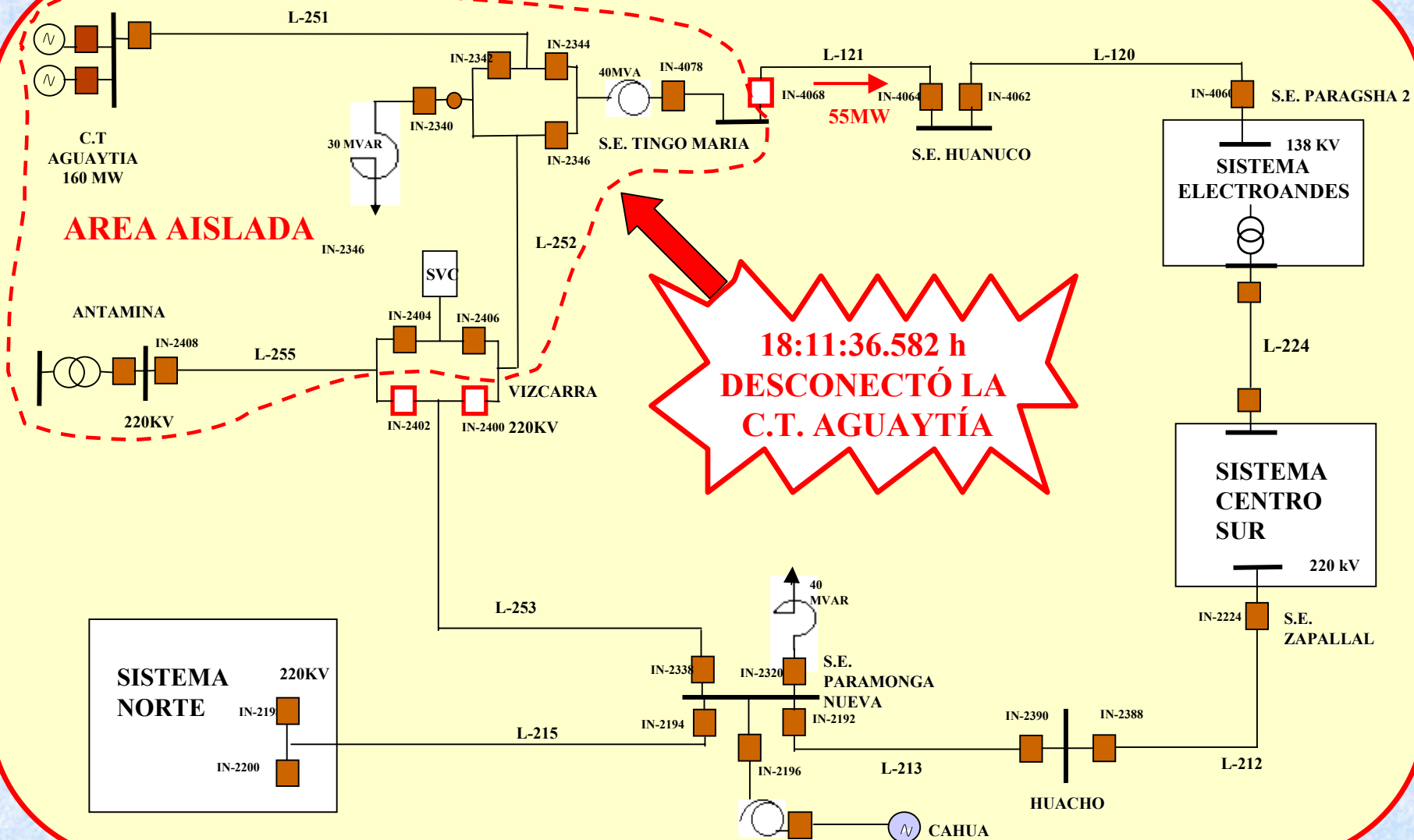


DESCONEXIÓN L-121 EN S.E. TINGO MARÍA POR PÉRDIDA DE ESTABILIDAD

Pérdida de Estabilidad de la C.T. Aguaytía

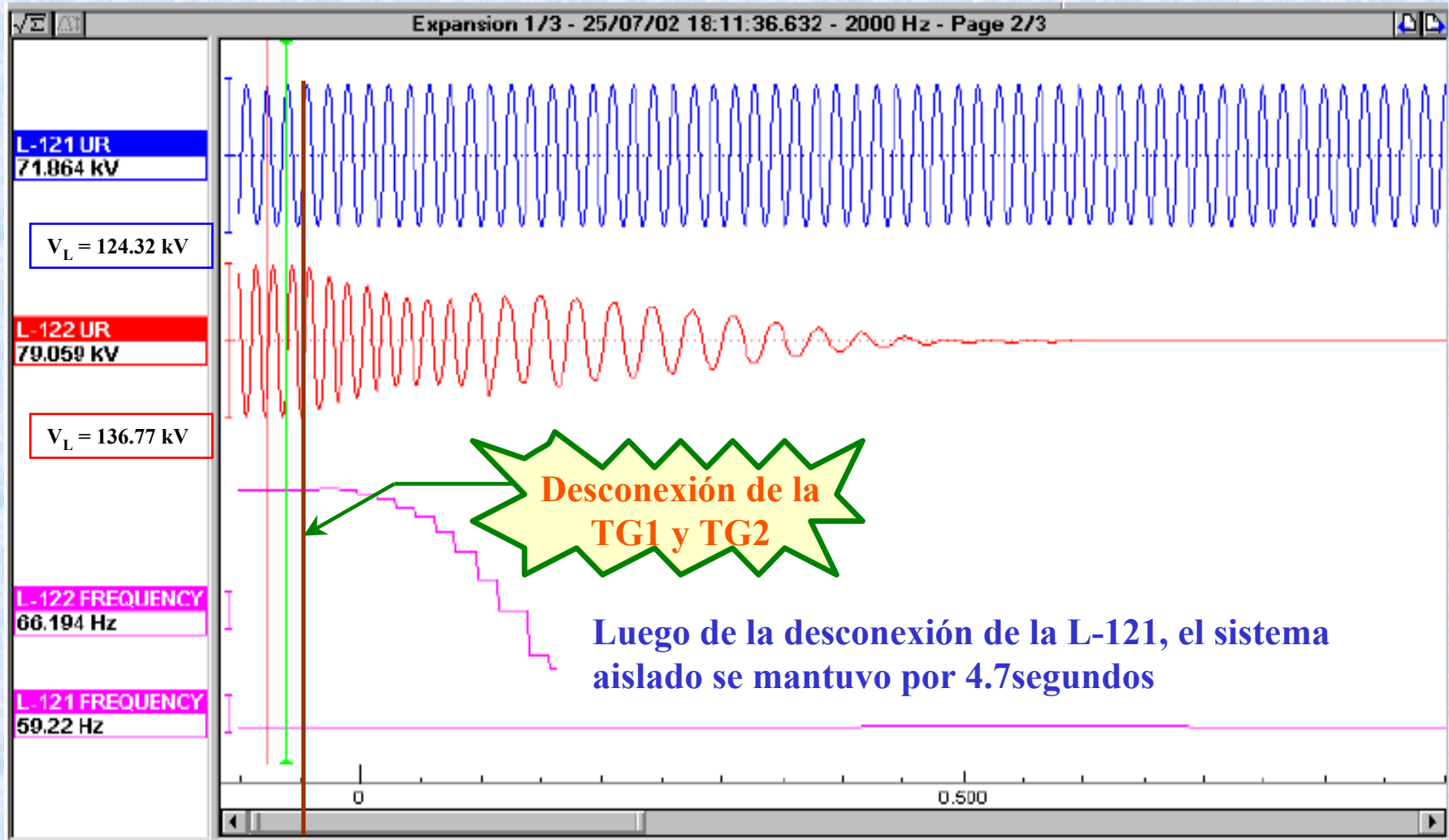


COLAPSO DE AREA AISLADA AGUAYTÍA



DESCONEXIÓN DE LA C.T. AGUAYTÍA

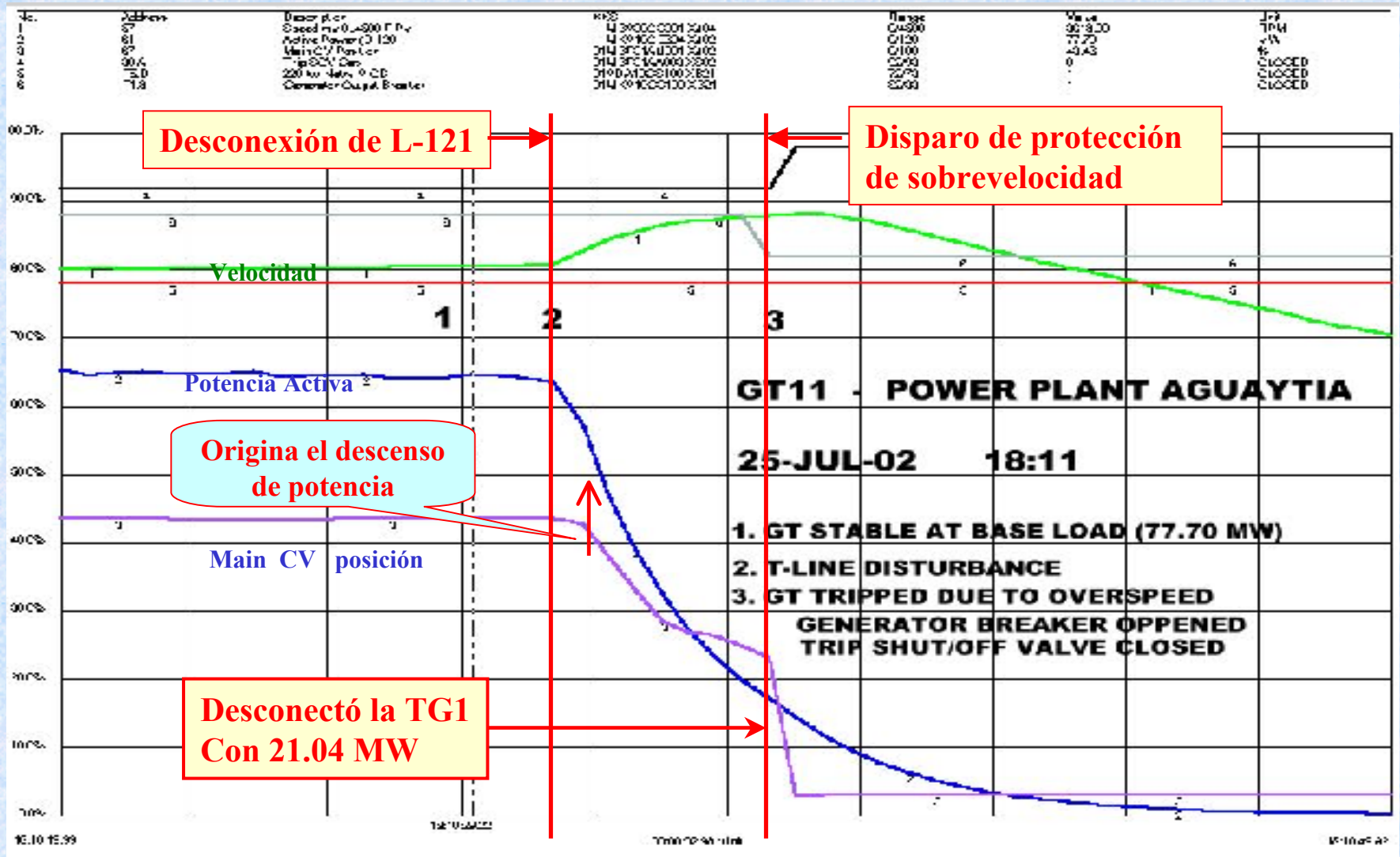
**S.E. Tingo María : Tensiones en las líneas L-121 y L-122 hasta su desconexión
(sistema aislado)**



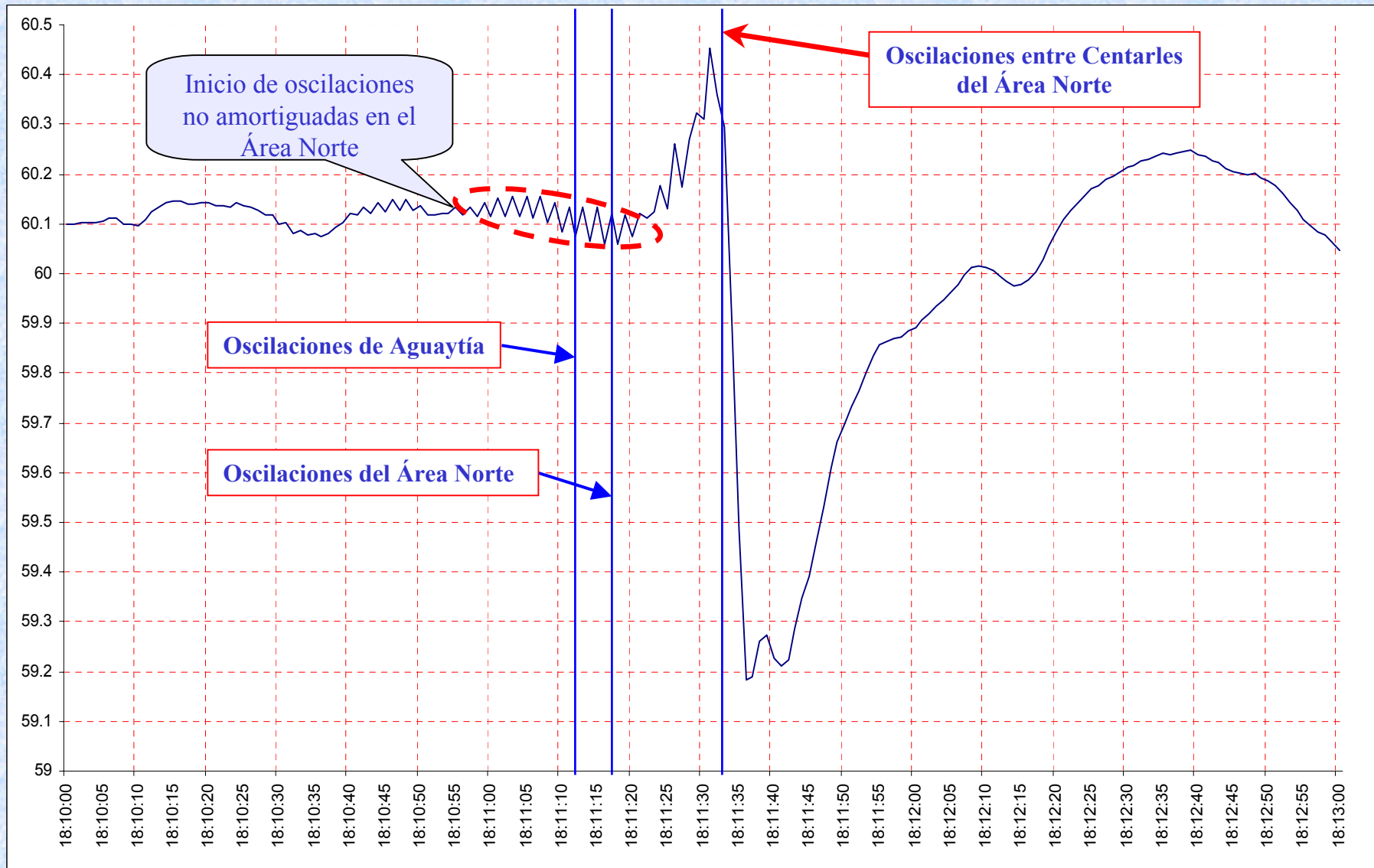


DESCONEXIÓN DE LA C.T. AGUAYTÍA

S.E. Aguaytía :Oscilografía de la TG-1

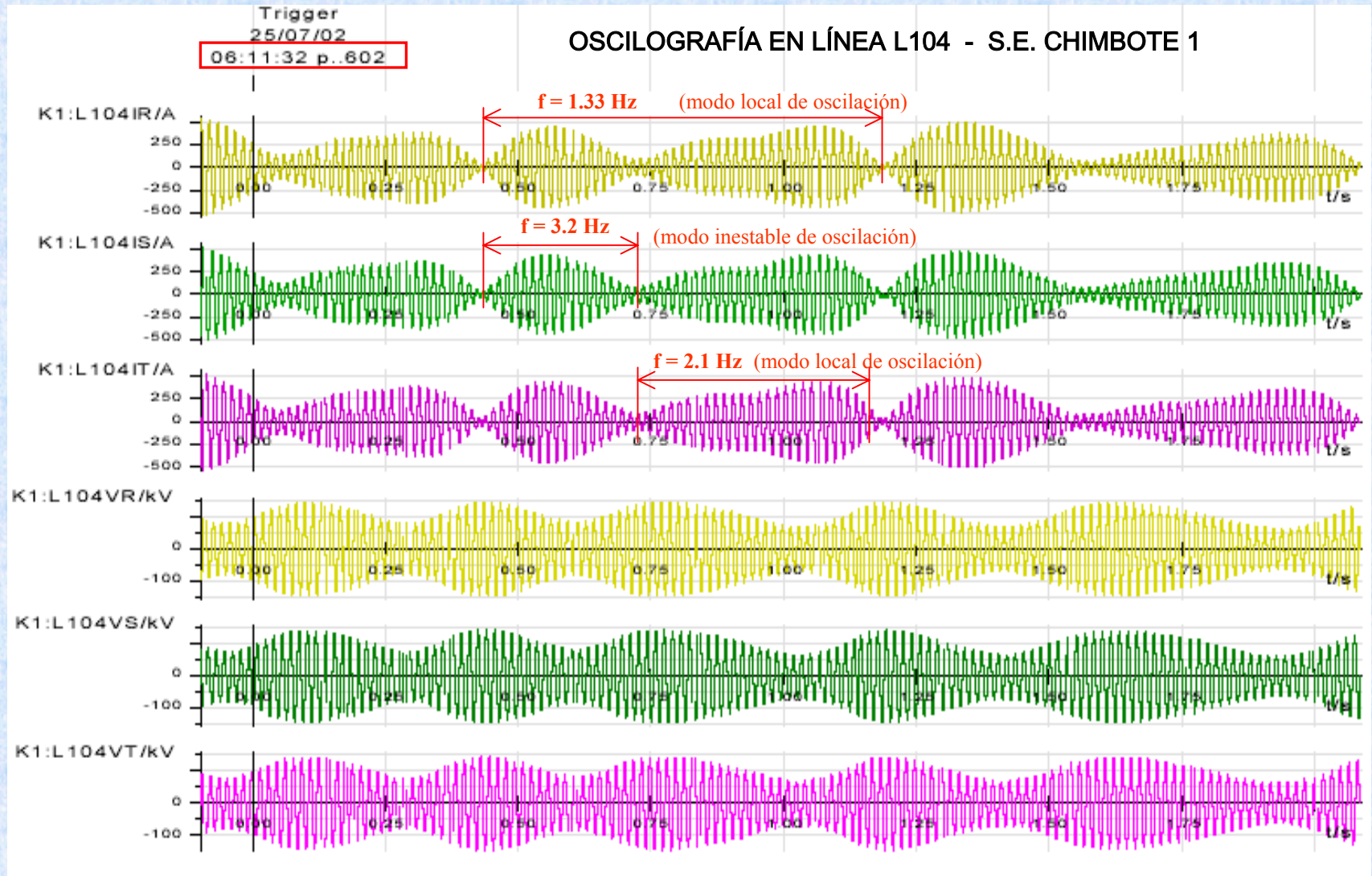


INESTABILIDAD DEL ÁREA NORTE



INESTABILIDAD DEL AREA NORTE

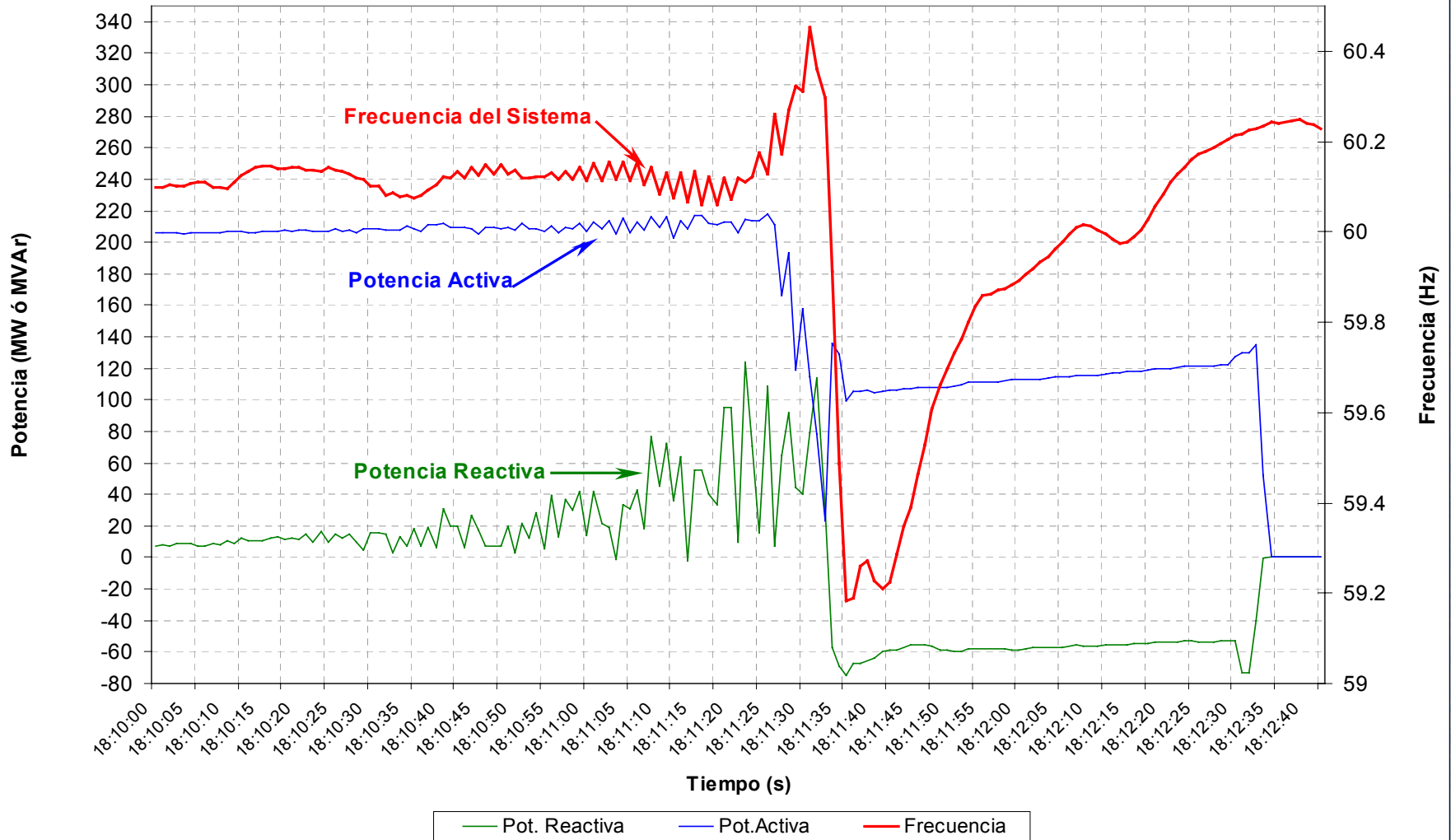
Oscilaciones Inestables de la C.H. Cañon del Pato



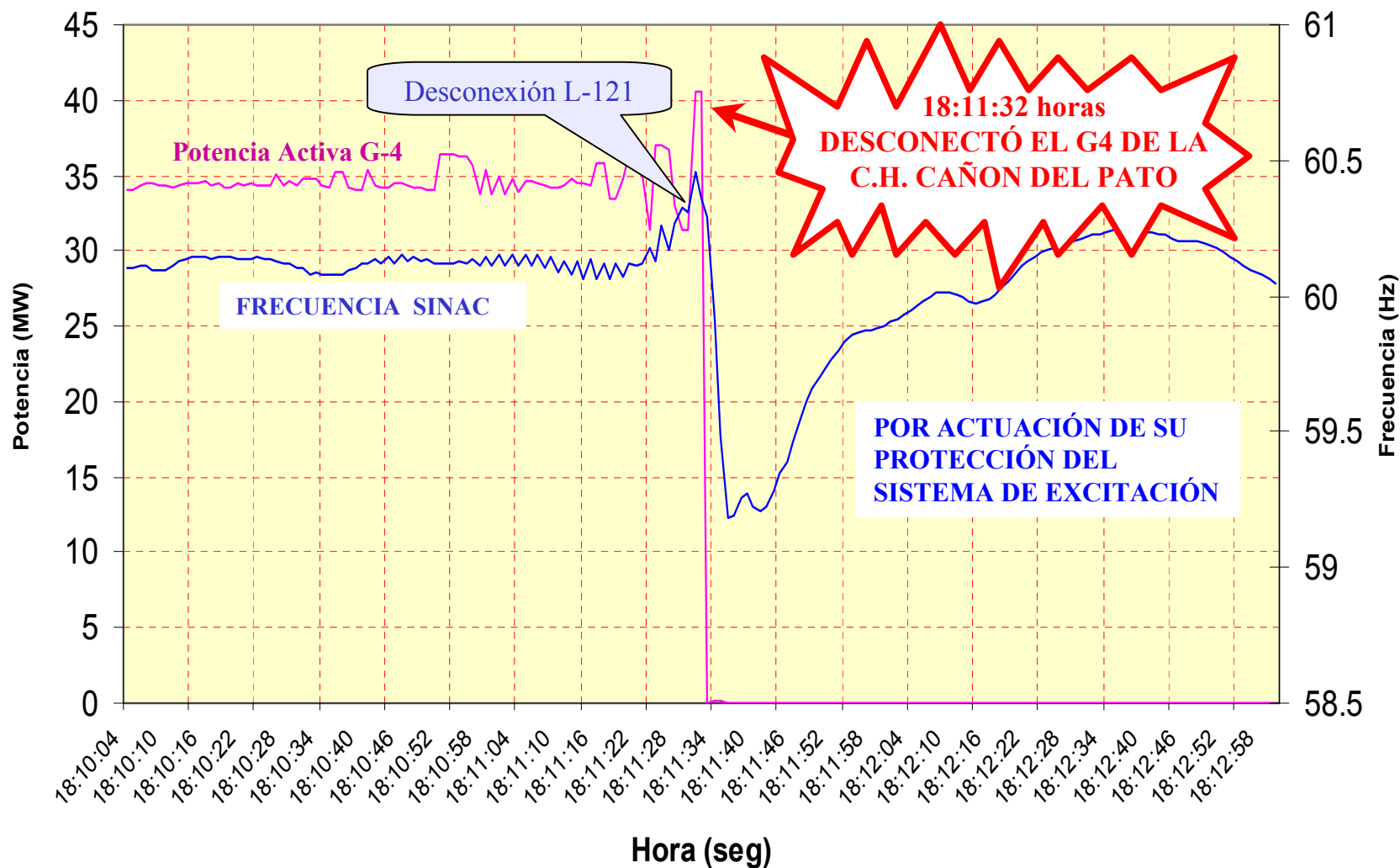


GENERACIÓN DE LA CH. CAÑÓN DEL PATO

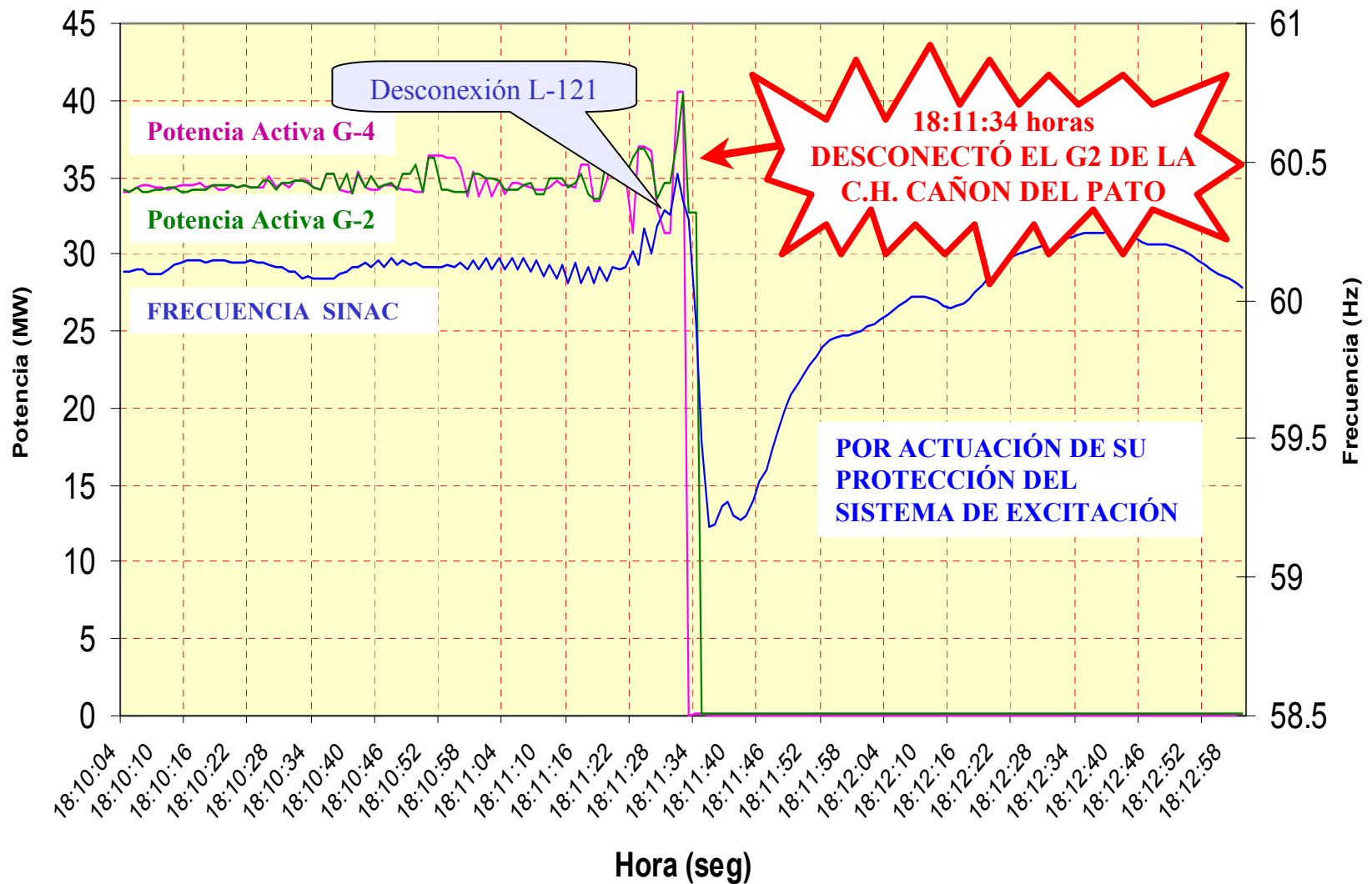
FRECUENCIA vs POTENCIA ACTIVA Y REACTIVA
DE C.H. CAÑÓN DEL PATO



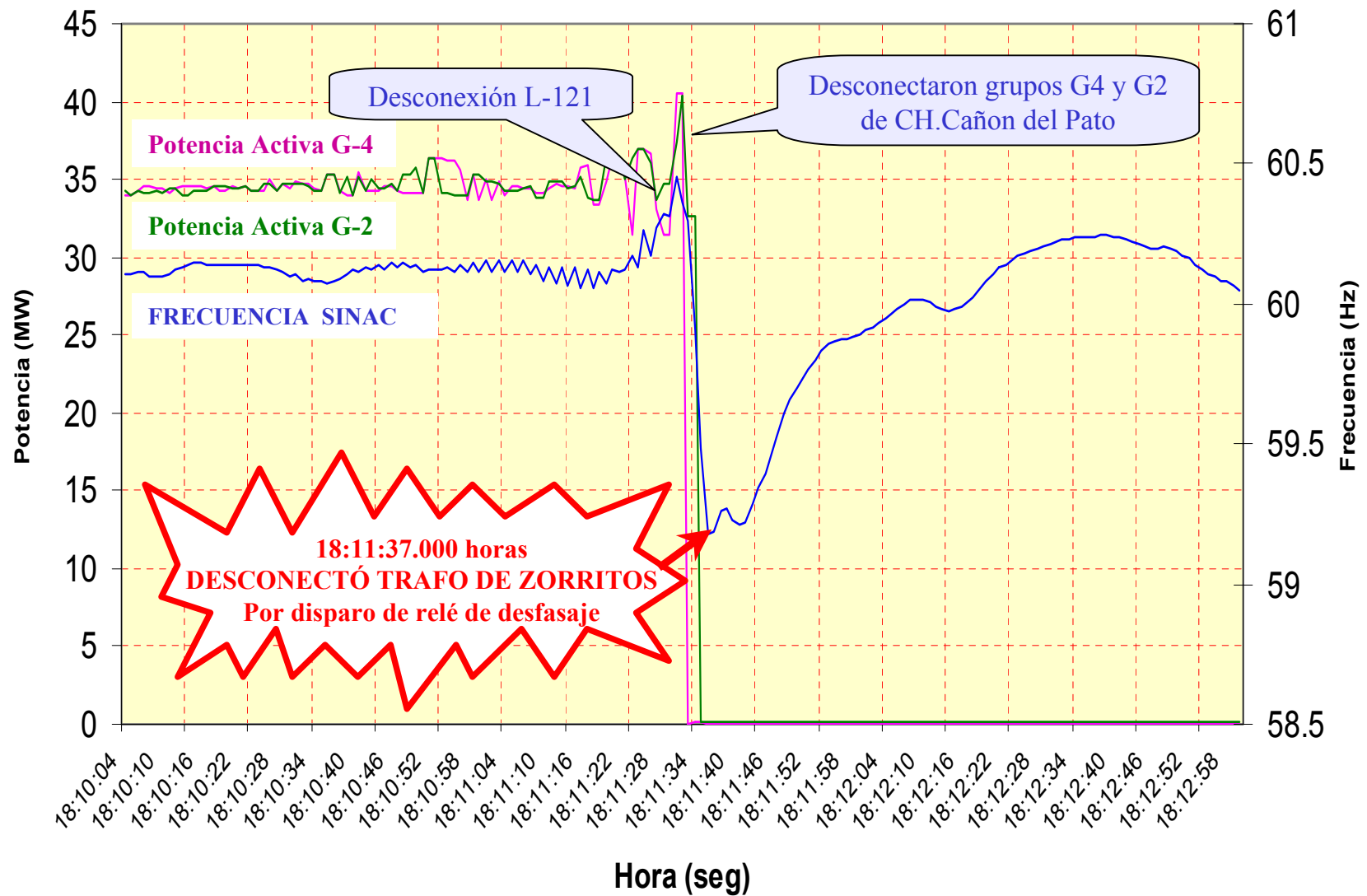
DESCONEXIÓN EN C.H. CAÑÓN DEL PATO



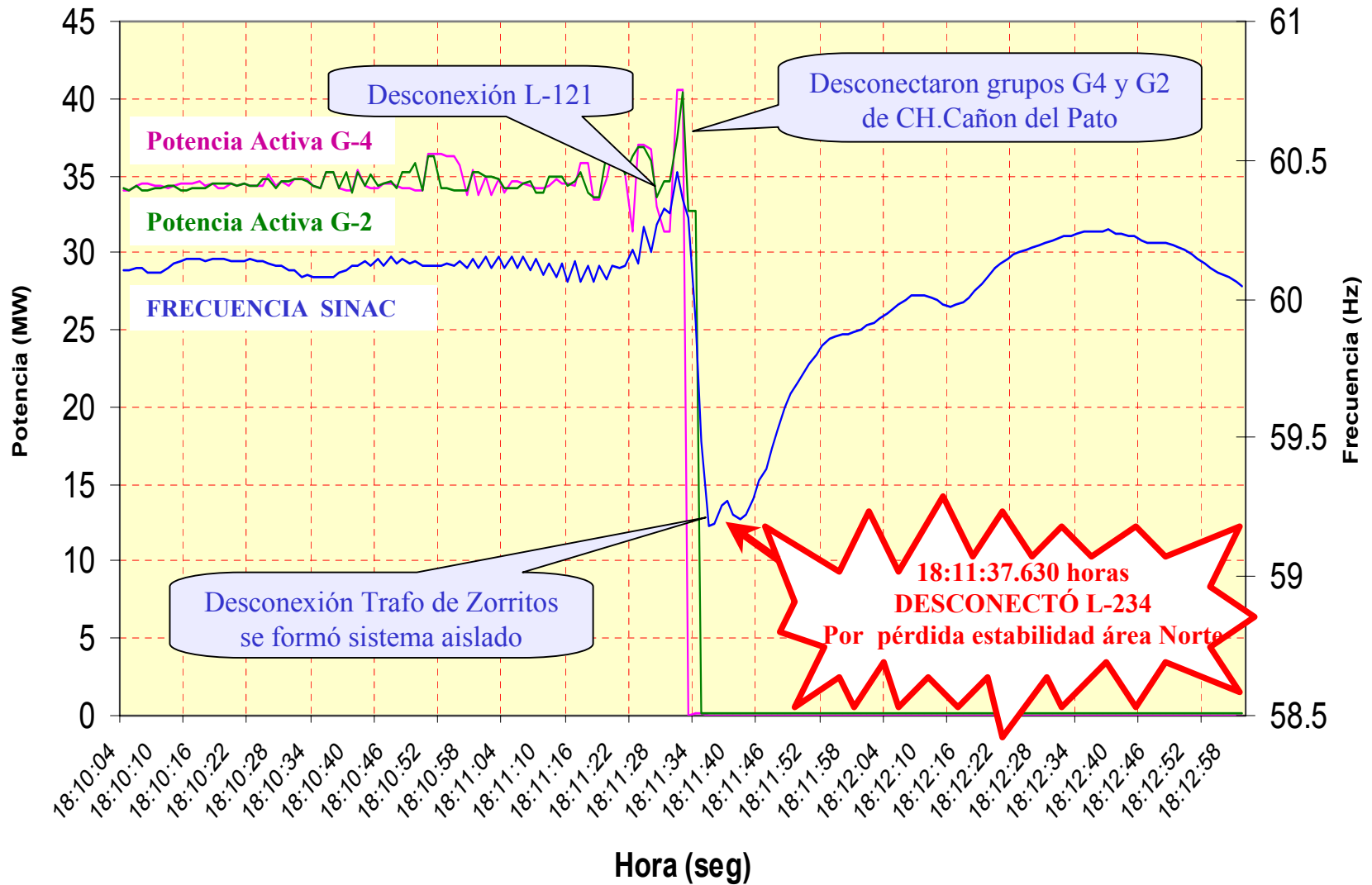
DESCONEXIÓN EN C.H. CAÑON DEL PATO



SISTEMA AISLADO DE ZORRITOS

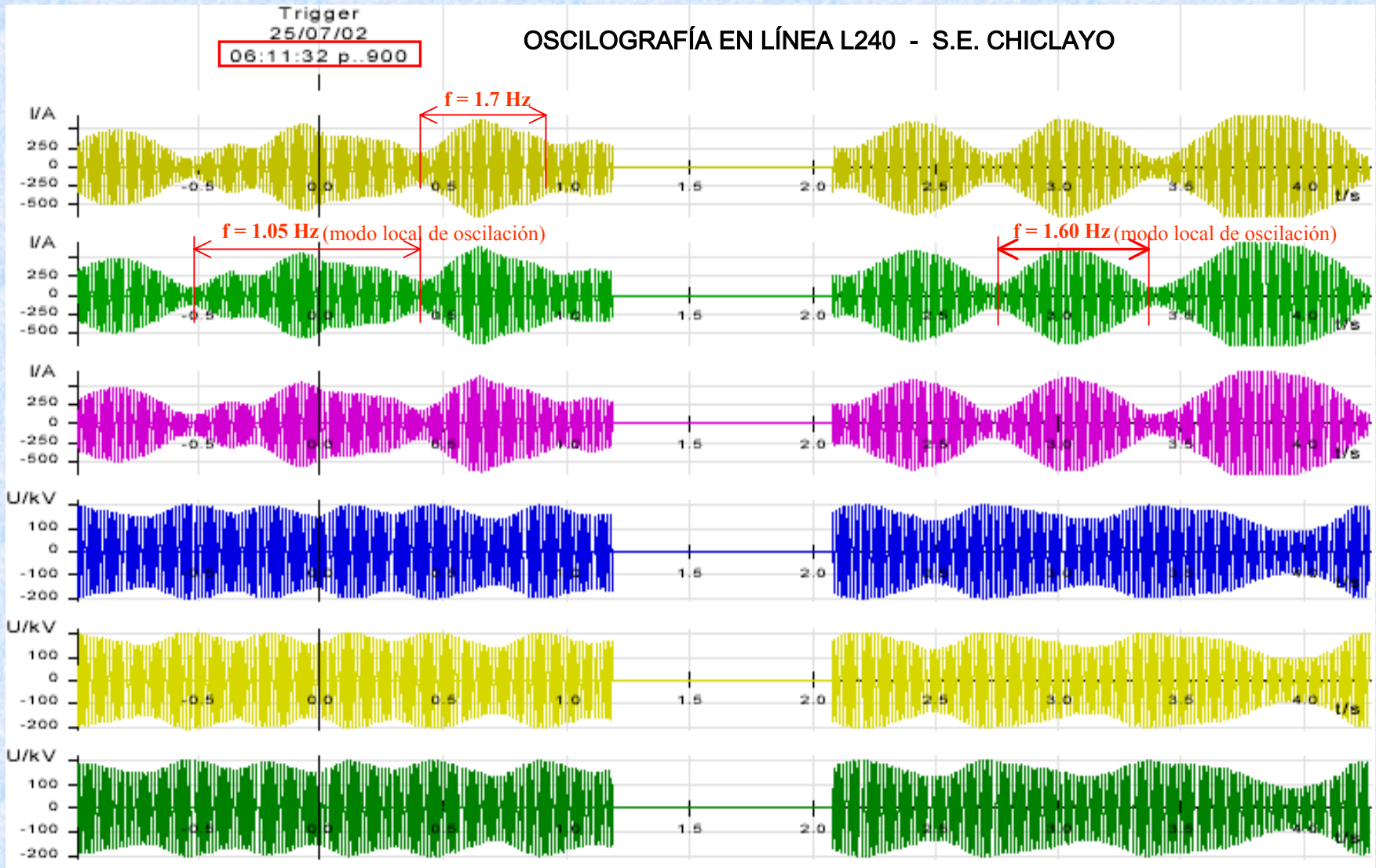


DESCONEXIÓN DE LÍNEA L-234



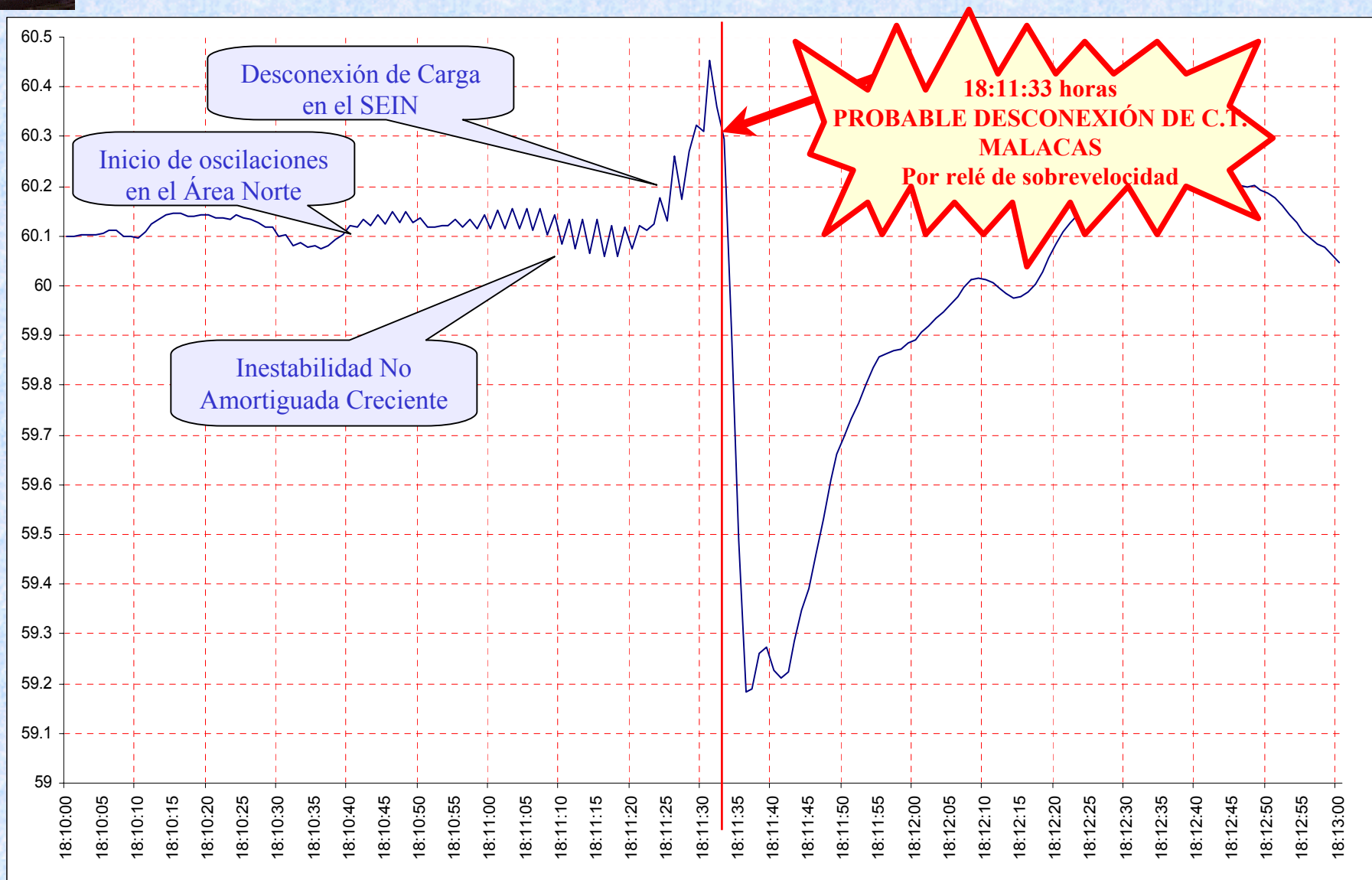
INESTABILIDAD DEL AREA NORTE

Oscilaciones Inestables de la C.H. Carhuaquero

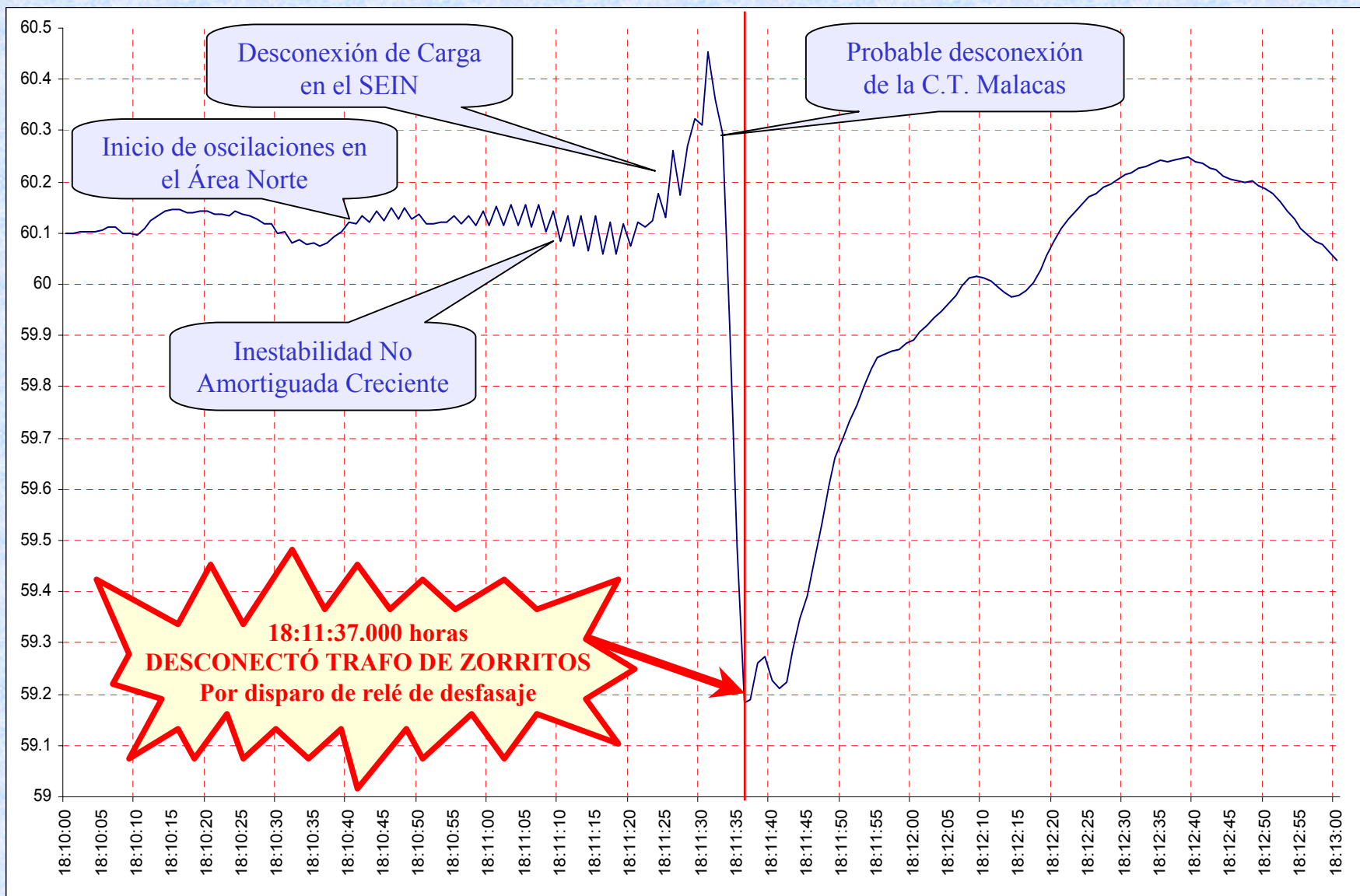




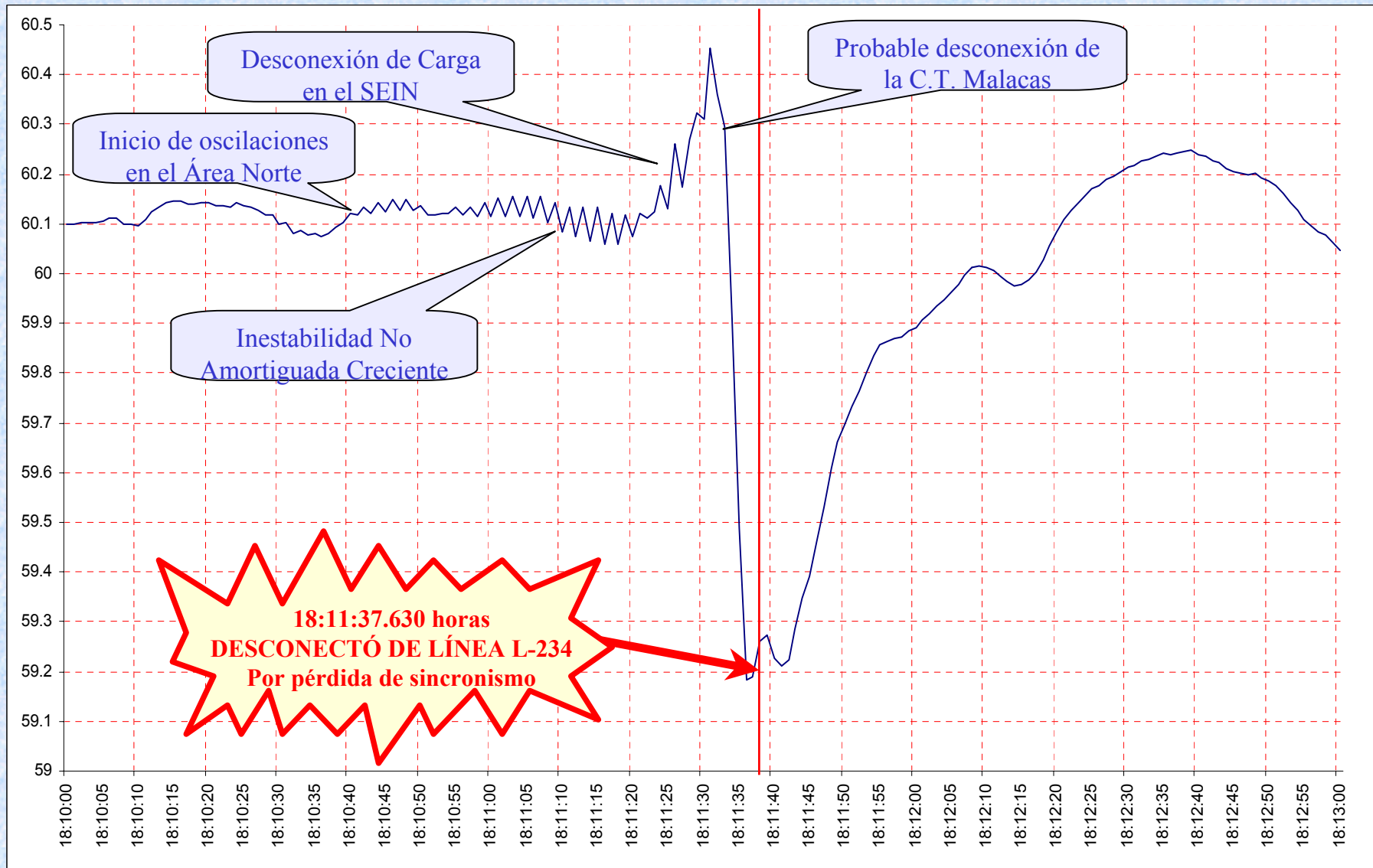
DESCONEXIÓN DE LA C.T. MALACAS



SISTEMA AISLADO DE ZORRITOS



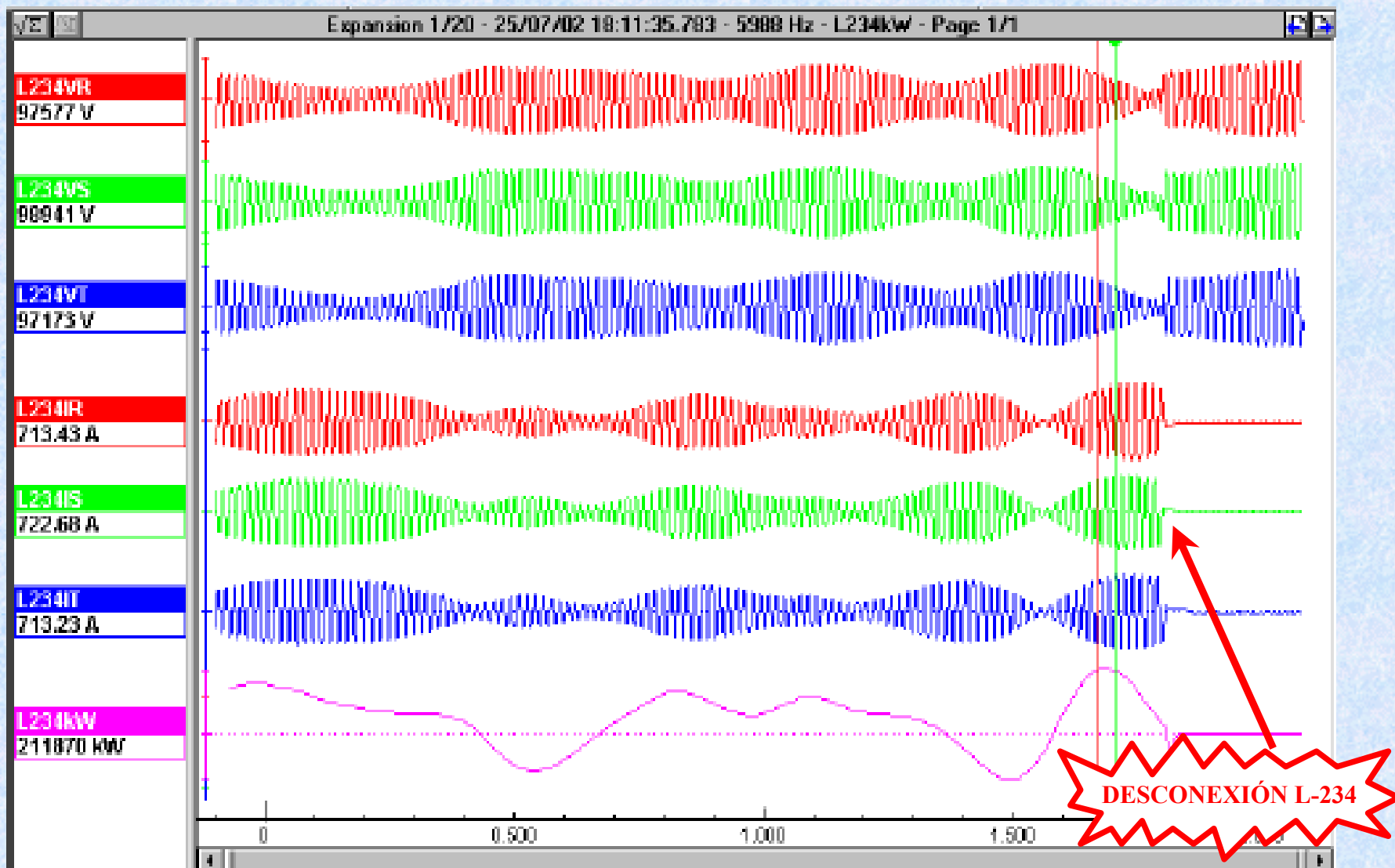
DESCONEXIÓN LÍNEA L-234



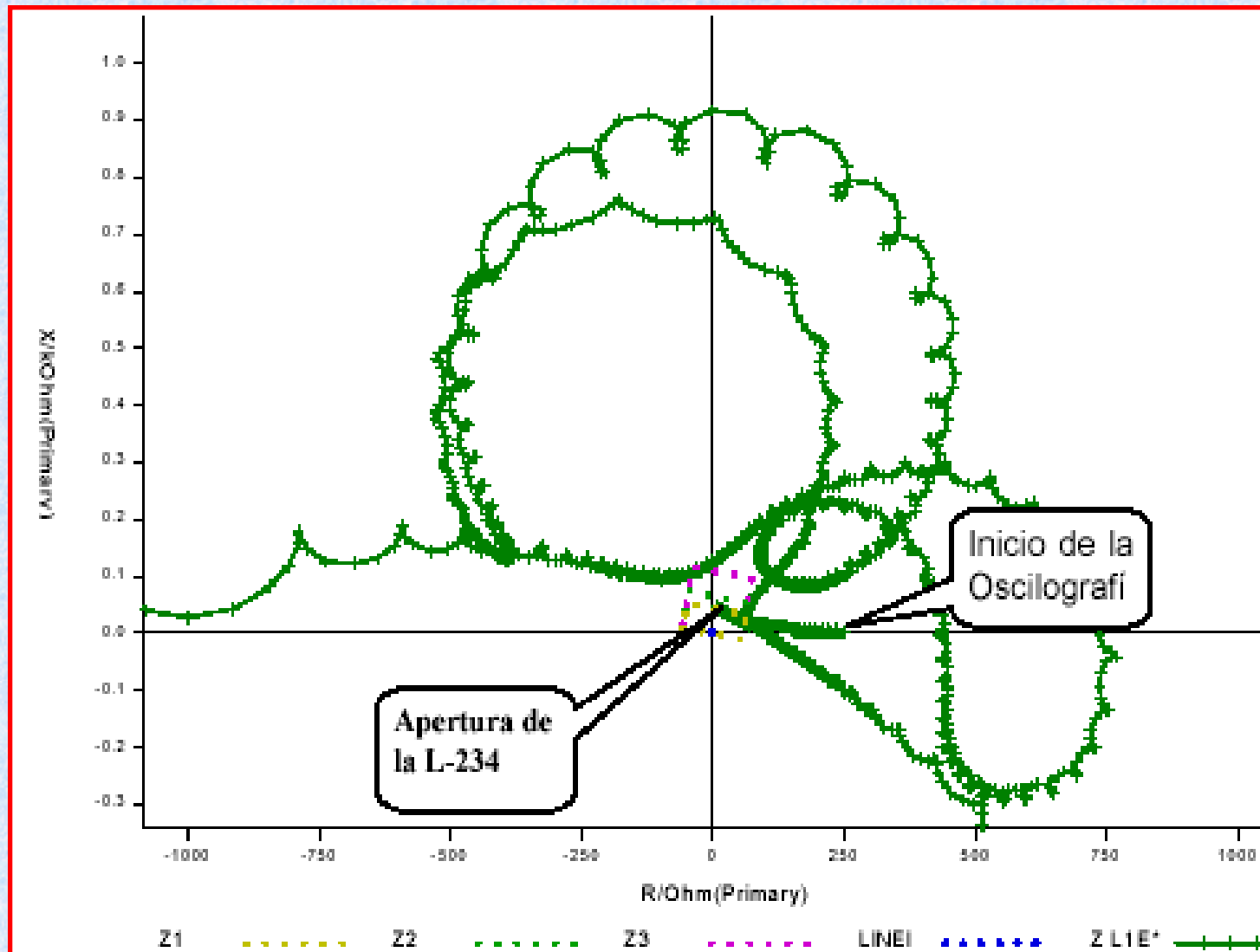


DESCONEXIÓN DE LÍNEA L-234

OSCILOGRAFÍA EN LA S.E. GUADALUPE



IMPEDANCIA VISTA POR RELÉ DE LÍNEA L-234 EN LA S.E. GUADALUPE

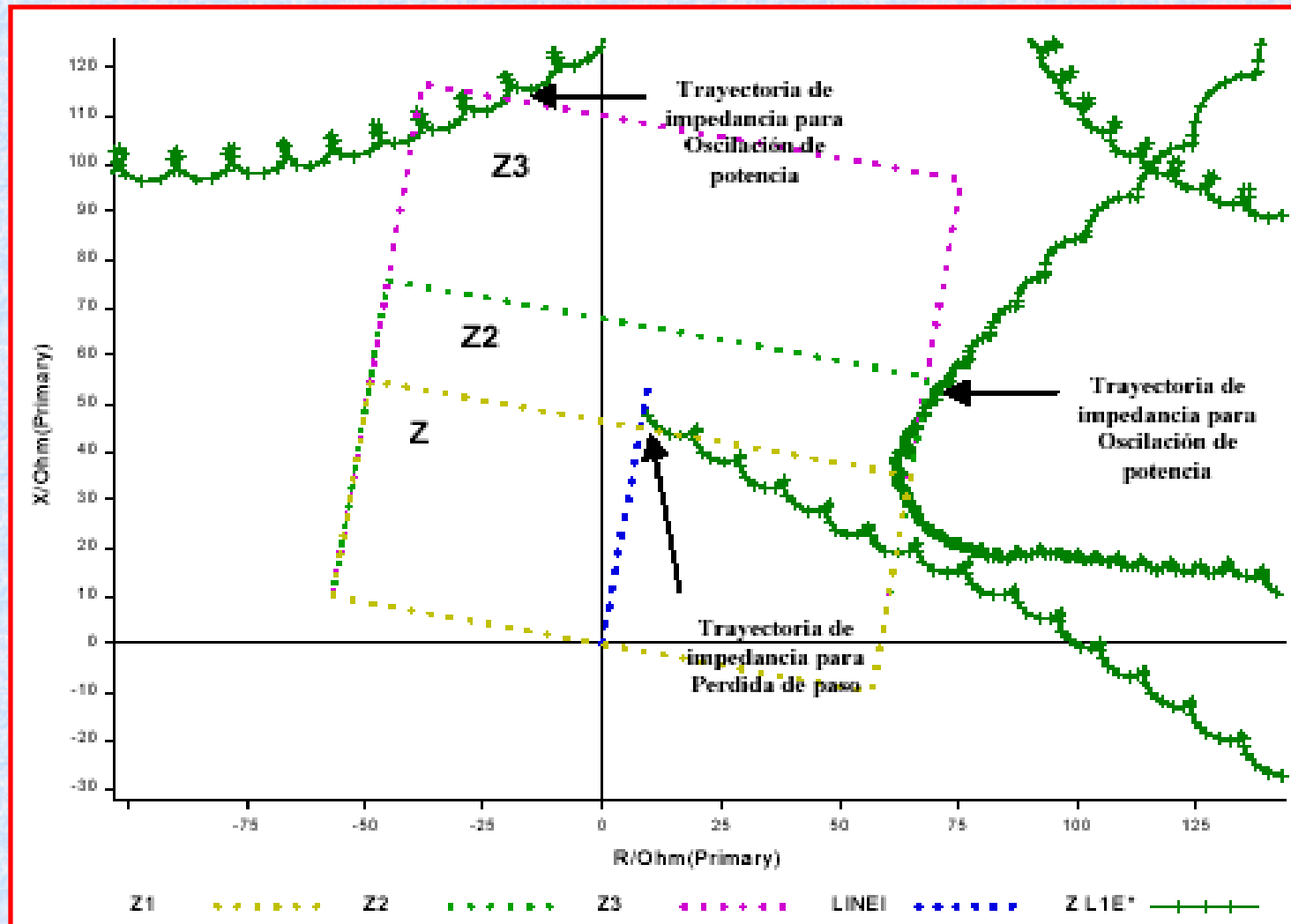




DISPARO DEL RELÉ IMPEDANCIA DE LA LÍNEA L-234

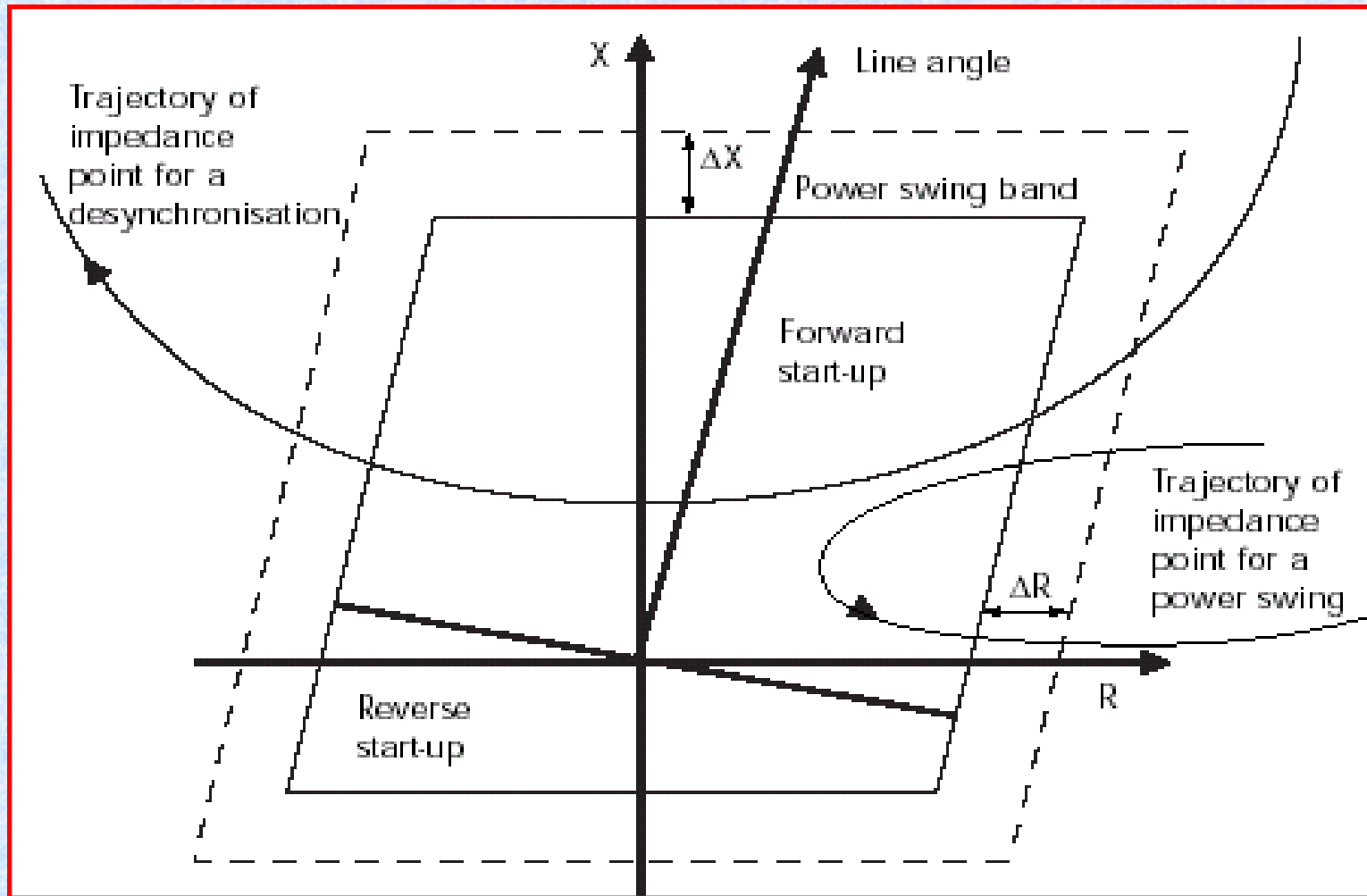
EN LA S.E. GUADALUPE

Impedancia ingresa a la Zona 2 de operación del relé por pérdida de estabilidad del área Norte

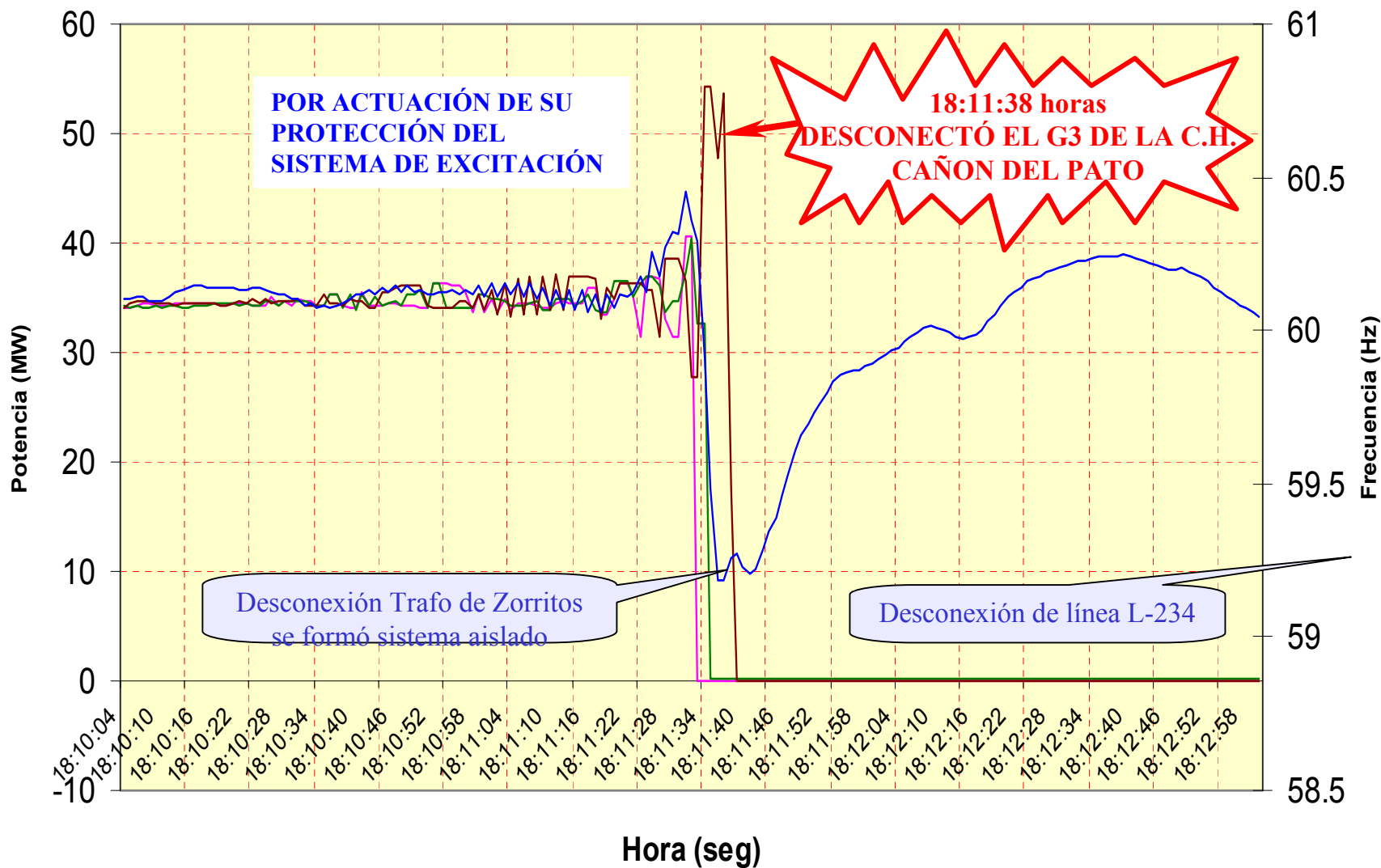




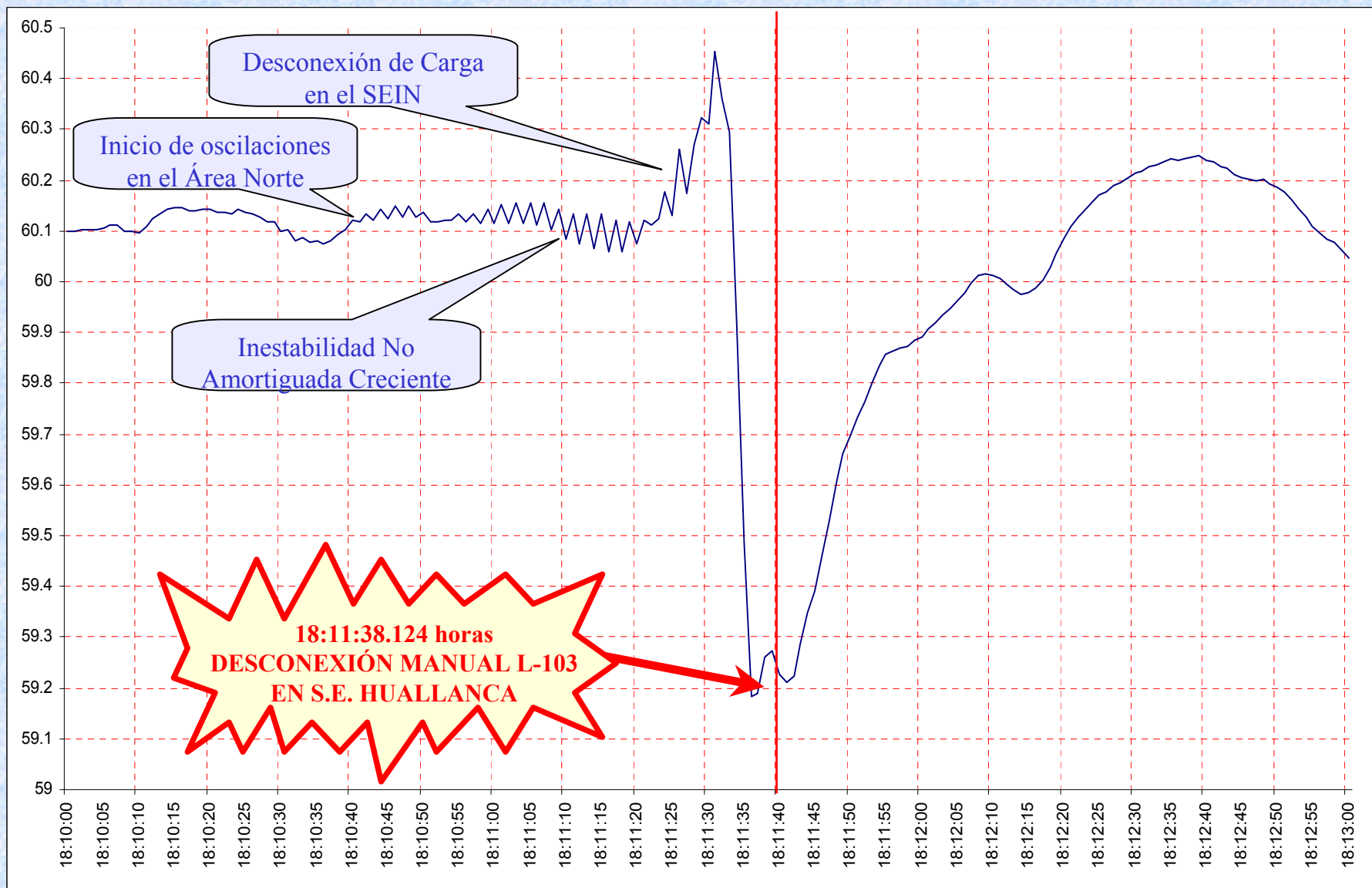
CARACTERÍSTICAS DE OSCILACIONES DE POTENCIA EN UN DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS



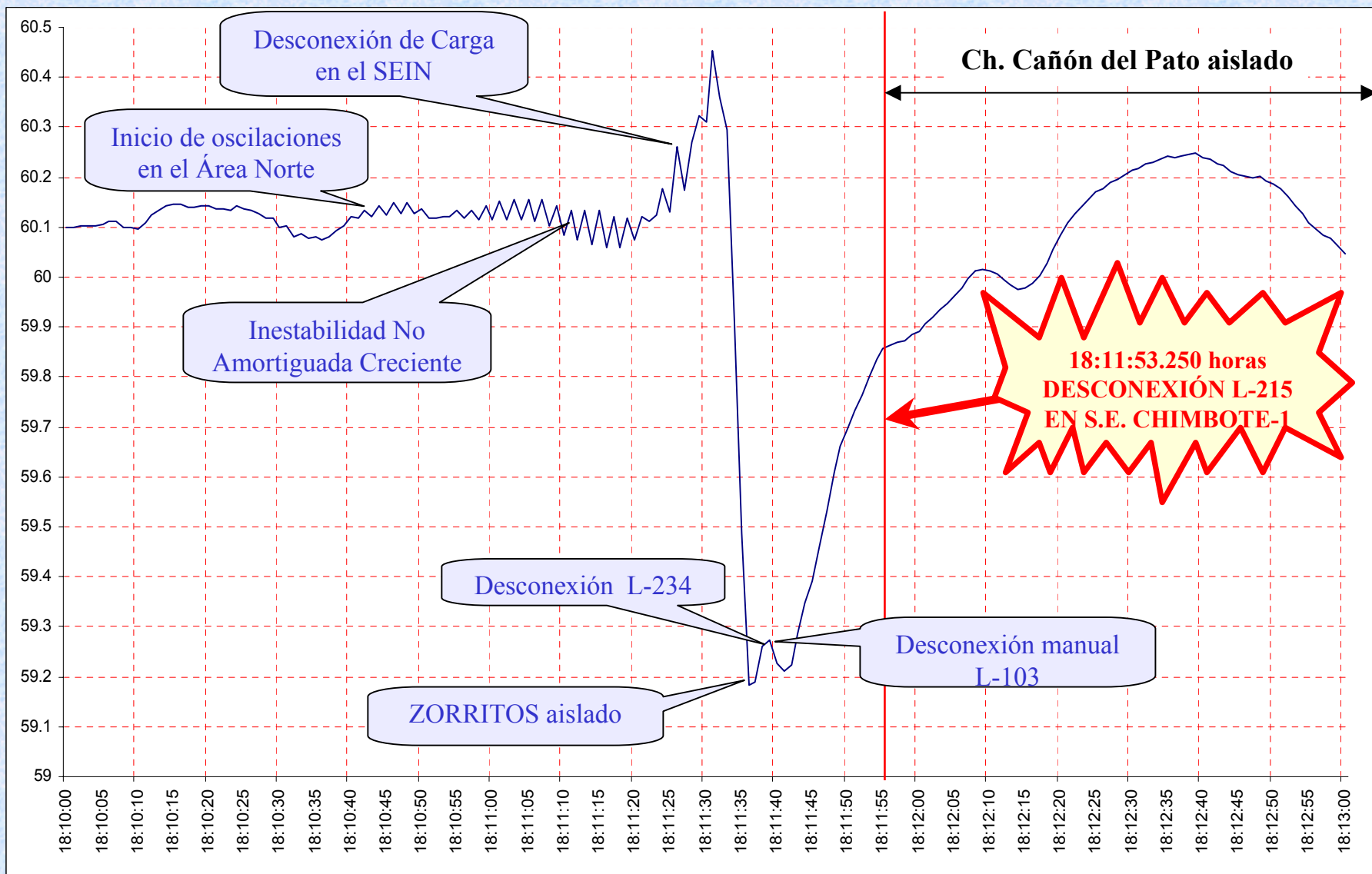
DESCONEXIÓN EN C.H. CAÑON DEL PATO



DESCONEXIÓN LÍNEA L-103

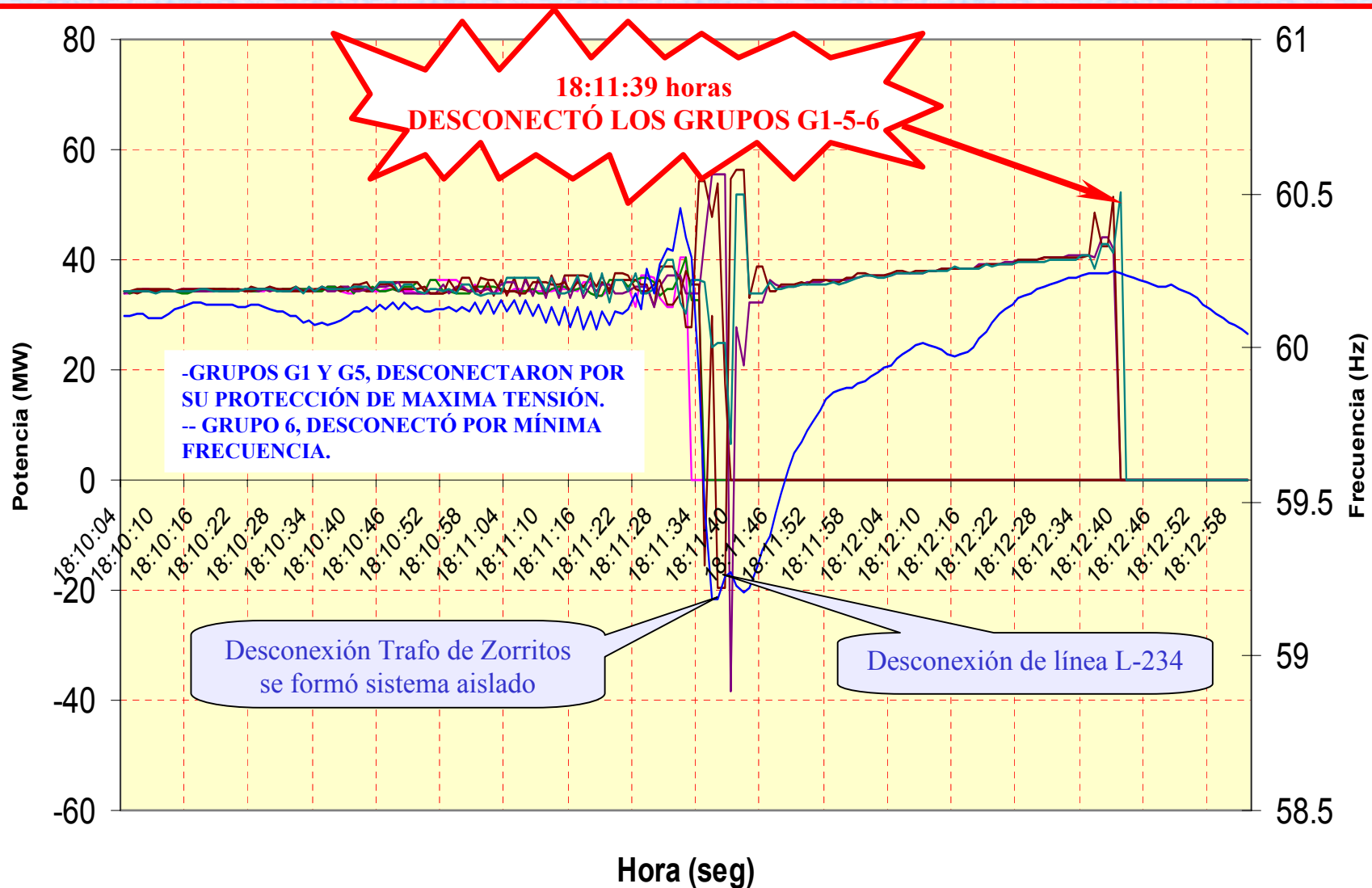


DESCONEXIÓN LÍNEA L-215





COLAPSO DE LA C.H. CAÑON DEL PATO

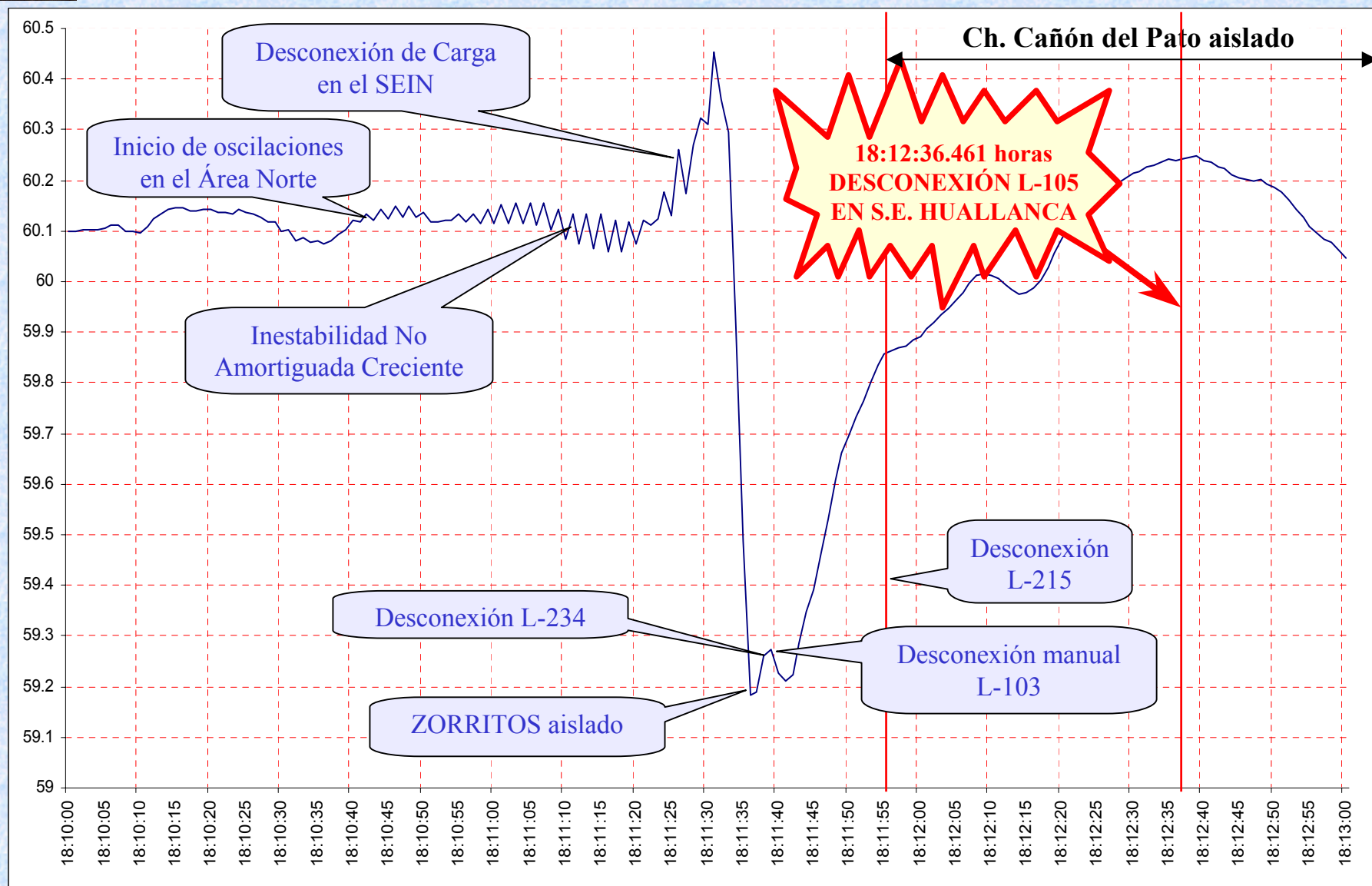




OTRAS CONSECUENCIAS

- 1.-DESCONECTÓ EL TRANSFORMADOR DE CAJAMARCA POR SOBRETENSIÓN.
- 2.- DESCONECTARON LOS AUTOTRANSFORMADORES DE LA S.E. TRUJILLO NORTE POR ACTUACIÓN DE SU PROTECCIÓN DIFERENCIAL POR ALTO CONTENIDO DE ARMÓNICOS.
- 3.-EL SISTEMA QUEDÓ CONECTADO CON LÍNEAS EN VACIO DESDE CHIMBOTE HASTA GUADALUPE, ORIGINÁNDOSE SOBRETENSIONES EN LA S.E. CHIMBOTE 1.
- 4.-ESTA SOBRETENSIÓN PROVOCÓ UNA FALLA BIFÁSICA EN LA LÍNEA L-105 DESCONECTANDO EN AMBOS EXTREMOS.

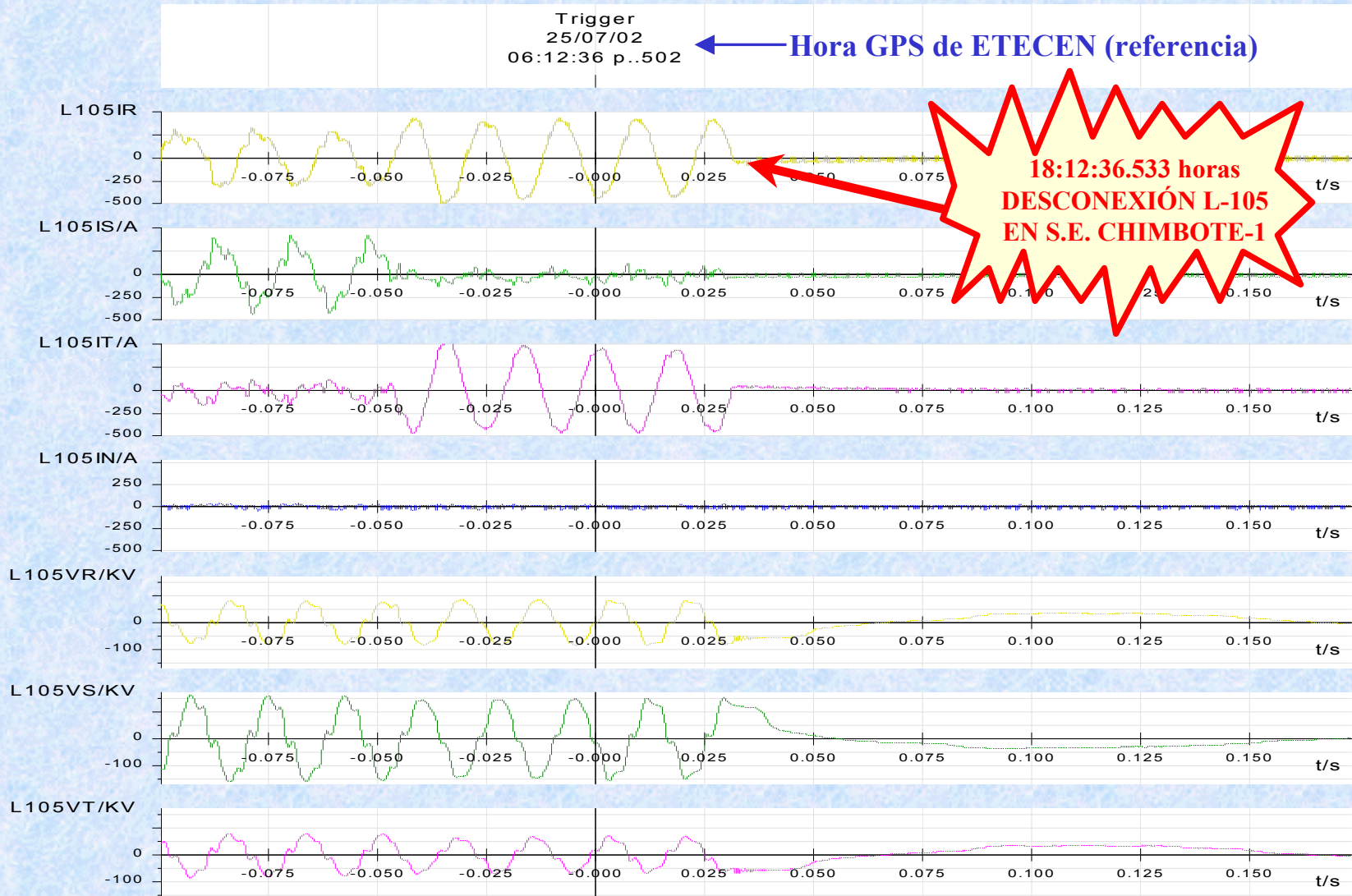
DESCONEXIÓN LÍNEA L-105





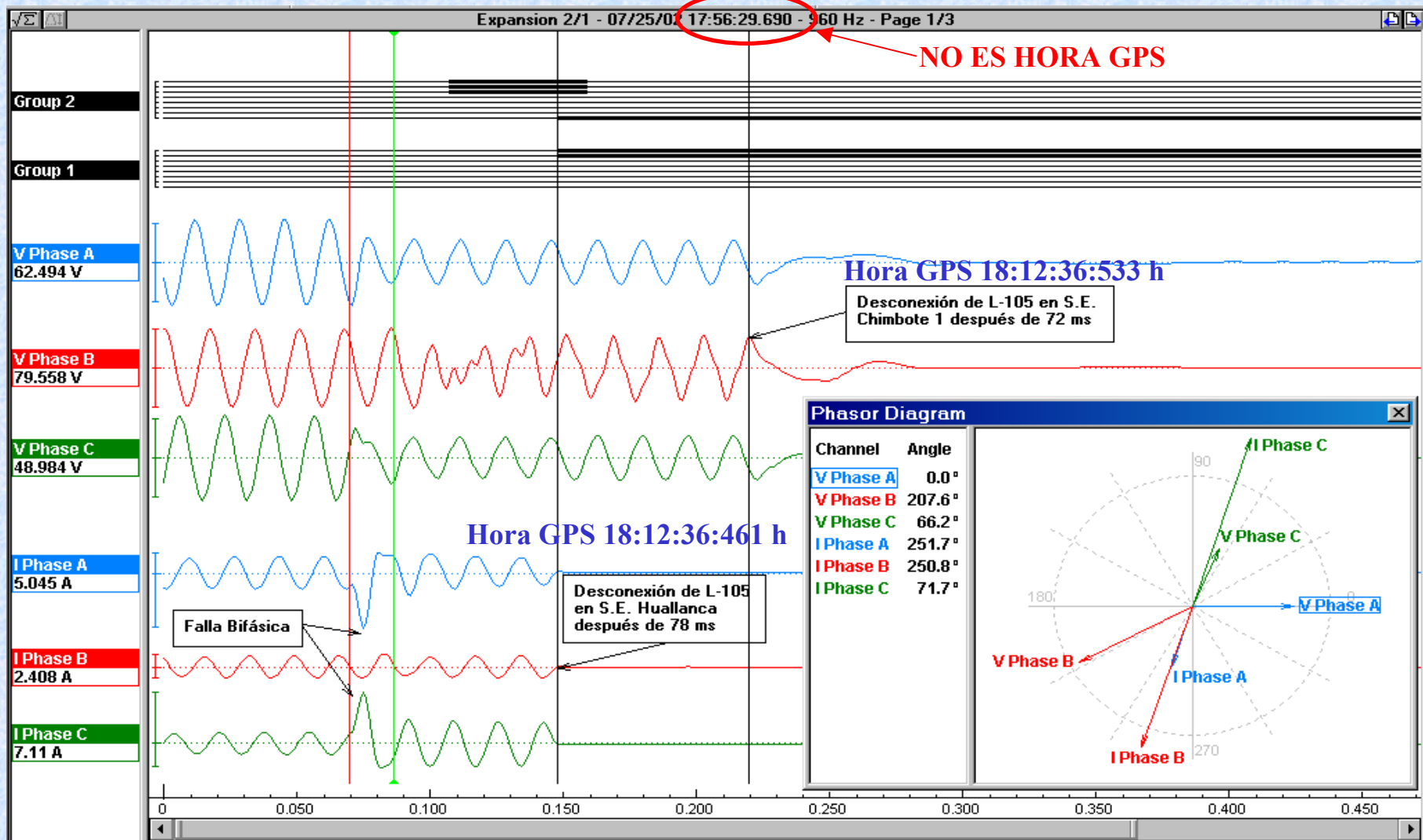
FALLA BIFÁSICA EN LÍNEA L-105

OSCILOGRAFÍA DE ETECEN EN LA S.E. CHIMBOTE-1 DE LA LÍNEA L-105



FALLA BIFÁSICA EN LÍNEA L-105

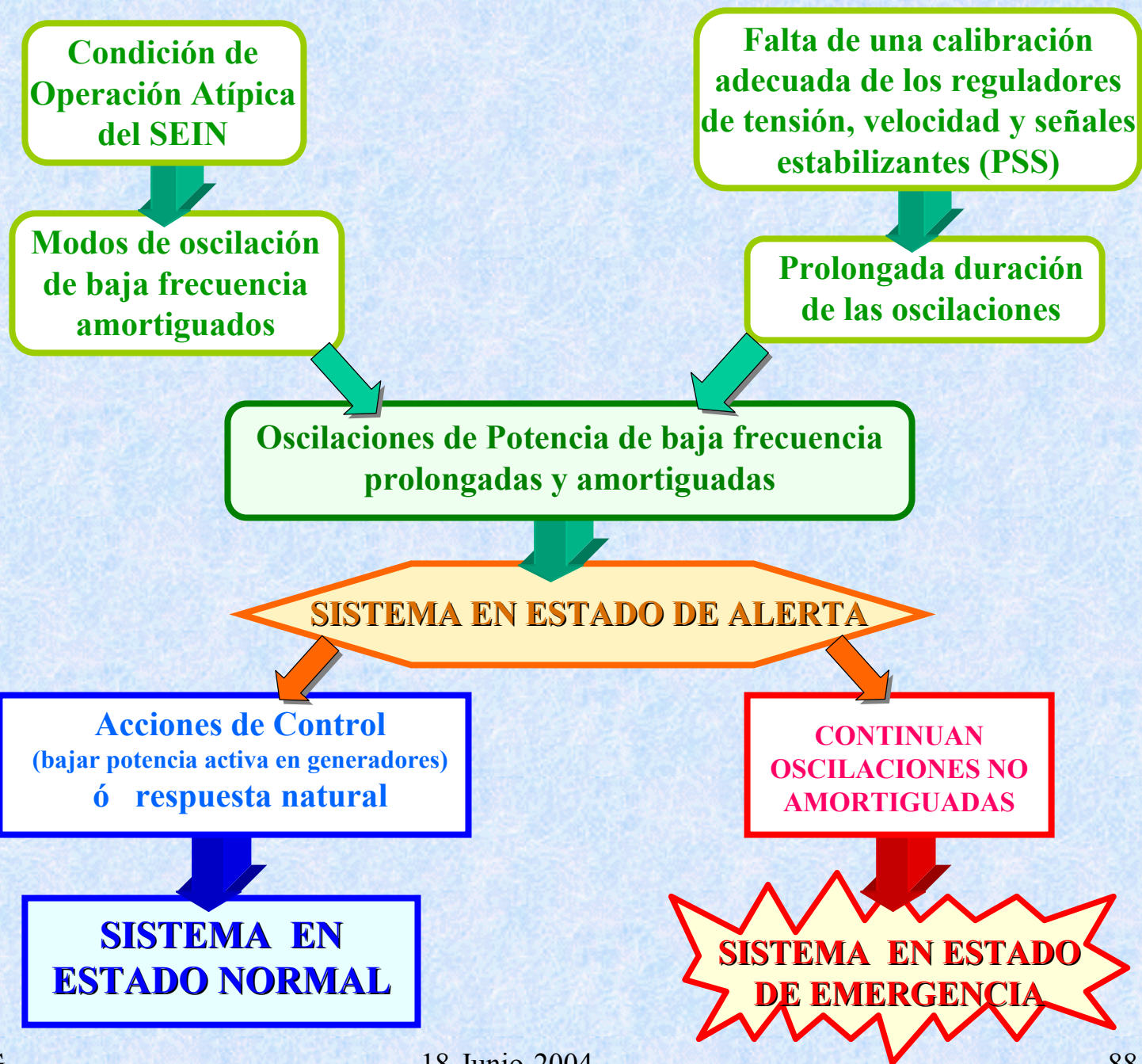
OSCILOGRAFÍA DE EGENOR EN LA S.E. HUALLANCA DE LA LÍNEA L-105





COMENTARIOS FINALES

- 1.- LA LÍNEA L-215 AL LLEGAR A SU VALOR LÍMITE DE TRANSMISIÓN PARA CIERTAS CONDICIONES OPERATIVAS, ACTIVA MODOS DE OSCILACIÓN INTERAREAS DE BAJA FRECUENCIA, SIN AMORTIGUAMIENTO.
- 2.-LA FALTA AMORTIGUAMIENTO EN LOS CONTROLADORES DE LAS CENTRALES DE GENERACIÓN DEL AREA NORTE, HICIERON QUE LAS OSCILACIONES SEAN PROLONGADAS Y SE TRANSFORME EN OSCILACIONES INESTABLES, CON AMORTIGUAMINETO NEGATIVO.





ANTECEDENTES DE OTRAS OSCILACIONES

- 1.- EVENTO DEL 06 DE FEBRERO DEL 2000
OSCILACIÓN DE LA C.H. CAÑON DEL PATO.
- 2.- EVENTO DEL 20 DE FEBRERO DEL 2002
FALLA EN LA LÍNEA DE 138kV L-109 EN CHIMBOTE
Y OSCILACIONES DE LAS CC.HH. CAÑON DEL PATO
Y CARHUAQUERO.
- 3.- EVENTO DEL 10 DE JULIO DEL 2002
FALLA EN LA LÍNEA DE 138kV L-1008 EN EL SUR Y
OSCILACIONES EN C.T. AGUAYTÍA CON
DISMINUCIÓN DE GENERACIÓN.



E-mail : ftorres@coes.org.pe

Página WEB del COES:

<http://www.coes.org.pe>

- Sección Artículos técnicos**
- Análisis de Fallas**

FIN

GRACIAS POR SU ATENCIÓN